



UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS SENSORIALES Y
FÍSICO-QUÍMICAS PARA EVALUAR LA INFLUENCIA
DEL SISTEMA DE CULTIVO O DE CONSERVACIÓN
EN PRODUCTOS VEGETALES**

VANESA OLVEIRA BOUZAS

TESIS DOCTORAL

2013



Dra. M^a ÁNGELES ROMERO RODRÍGUEZ, Catedrática de Universidad del Área de Tecnología de Alimentos y Dra. M^a LOURDES VÁZQUEZ ODÉRIZ, Profesora Titular del Área de Nutrición y Bromatología, ambas del Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Universidad de Santiago de Compostela

AUTORIZAN:

A VANESA OLVEIRA BOUZAS a la presentación de la memoria de Tesis titulada *“Aplicación de técnicas sensoriales y físico-químicas para evaluar la influencia del sistema de cultivo o de conservación en productos vegetales”*, realizada bajo su dirección en el laboratorio del Área de Tecnología de Alimentos y Nutrición y Bromatología del Campus de Lugo, para optar al grado de Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Y para que así conste, firmamos la presente en Lugo, abril de 2013.

Fdo. M^a Ángeles Romero Rodríguez

Fdo. M^a Lourdes Vázquez Odériz

Fdo. Vanesa Oliveira Bouzas



AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a las Directoras del presente trabajo, Dra. M^a Ángeles Romero Rodríguez y Dra. M^a Lourdes Vázquez Odériz por la orientación, seguimiento y aportaciones realizadas así como la confianza en mí depositada.

A la Dra. M^a Nieves Muñoz Ferreiro, del Departamento de Estadística e Investigación Operativa por su ayuda con en el tratamiento estadístico de los resultados.

Al Ministerio de Ciencia y Tecnología y a la Consellería de Economía e Industria, Tecnología da Alimentación de la Xunta de Galicia por la financiación de los proyectos AGL2002-03018.ALI y PGIDIT09TAL003E.

Al personal de Hortoflor 2, especialmente a Dolores López y Rebeca López por su amabilidad durante mi estancia en la cooperativa y, por extensión, al resto de entidades colaboradoras, AGACA y Carbueros Metálicos.

A los miembros del panel de cata por su colaboración e interés mostrado.

*Al Aula de Productos Lácteos (USC), por la cesión del equipo de medida de color CIEL*a*b*, en especial a Raquel Baixauli y Sofía Pérez por su colaboración.*

Al Dr. Manuel Vázquez Vázquez por facilitarme el trabajo con el texturómetro.

A Lucía Medina, Personal de Apoyo Analítico (USC) y Verónica Piñeiro, Unidad de Análisis Elemental por la ayuda prestada con el equipo de liofilización y HPLC respectivamente.

A los muchos compañeros/as de laboratorio que en estos años hemos compartido lugar de trabajo, sin olvidarme de Mar, compañera desde el inicio y de quien me gustaría hacer mención especial y Belén, con quienes finalizo esta etapa.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi marido, mis padres y mi hermana.

A todos vosotros, muchas gracias.



RESUMEN

En los últimos años se ha producido, sobre todo a nivel Europeo, un gran incremento en la producción agrícola ecológica, situándose España en el primer puesto tanto en superficie como en productores y operadores, consolidando entre los años 2009-2011, dicha posición de liderazgo en el contexto de la producción ecológica de la UE. No obstante, los datos de consumo a nivel Nacional no son tan alentadores, manteniéndose la producción convencional como el sistema agroalimentario predominante a nivel de abastecimiento.

A nivel de la calidad sensorial de los alimentos, los estudios de consumidores son una buena herramienta de trabajo ya que el éxito o el fracaso de un producto alimenticio en el mercado va estar condicionado, en gran medida, por las reacciones totalmente subjetivas del consumidor. Además si se complementa con el análisis sensorial objetivo (estudios con catadores) se pueden determinar las razones que están detrás de la elección del consumidor.

De este modo, el primer capítulo de esta Tesis Doctoral se plantea con el objetivo de conocer la influencia del sistema de cultivo (ecológico y convencional) sobre las características sensoriales de productos vegetales (fresa, tomate y kiwi) y el grado de aceptación/preferencia por parte del consumidor. Además, se pretende determinar los hábitos y actitudes de compra del consumidor hacia los productos procedentes de la agricultura ecológica.

De los 625 consumidores que participan en el estudio, el 81,3% saben lo que son los productos ecológicos pero sólo un 24,8% son compradores de este tipo de productos, principalmente de frutas y verduras frescas (55,6%). Entre los motivos principales de compra se incluyen: son más sanos y son más respetuosos con el medio ambiente.

La evaluación de las características organolépticas por parte de los consumidores, en ensayos ciegos, indica que la aceptación y preferencia en función del sistema de cultivo, depende del producto evaluado.

Así, en la fresa no se encuentran diferencias significativas entre productos, sin embargo en tomate los consumidores prefieren el tomate ecológico al contrario de lo que ocurre con el kiwi donde la mayor preferencia es por el kiwi convencional. Existen diferencias puntuales en las características organolépticas evaluadas por el panel de catadores entrenado entre los productos ecológicos y convencionales que justifican en gran medida la elección del consumidor.

Los productos vegetales, durante su almacenamiento, sufren una serie de alteraciones y cambios indeseables que, con el paso del tiempo, provocan que no sean aptos para la distribución. Como consecuencia de estas alteraciones, en los últimos años hay una tendencia a innovar en técnicas de conservación para incrementar la vida útil de los alimentos. En este sentido, una de las técnicas más utilizadas en frutas y verduras frescas es el “envasado en atmósfera modificada”, EAM (Modified Atmosphere Packaging, MAP).

En base a ello, se plantea el segundo capítulo de esta Tesis Doctoral con el objetivo de estudiar la influencia del envasado en atmósfera modificada, en formato palet, en diferentes productos vegetales (tomate, pimiento tipo Padrón y judía verde). Para ello se aplican pruebas sensoriales descriptivas (perfil sensorial) y determinaciones físico-químicas (color CIEL*a*b*, firmeza, sólidos solubles, humedad, pH, acidez, ácido ascórbico, compuestos del color y fenoles totales) tanto a los productos envasados como sin envasar (control), a lo largo del tiempo de almacenamiento a temperaturas de refrigeración.

Se considera que esta técnica de envasado en atmósfera modificada en palet, podría ser un complemento a la conservación por refrigeración para alargar la vida útil del tomate y del pimiento tipo Padrón, pero en las condiciones ensayadas, no se recomienda para la judía verde.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL: ANÁLISIS SENSORIAL Y ESTUDIOS DE CONSUMIDORES	3
1.1.1 Concepto de análisis sensorial	3
1.1.2 La psicología de la percepción	3
1.1.3 Fisiología: sentidos y atributos sensoriales	4
1.1.3.1 La vista	4
1.1.3.2 El olfato	5
1.1.3.3 El tacto o sentido táctil	6
1.1.3.4 El oído	8
1.1.3.5 El gusto	8
1.1.4 Las personas: herramienta fundamental en la evaluación sensorial	10
1.1.5 Tipos de pruebas en la evaluación sensorial	10
1.1.5.1 Pruebas de tipo sensorial utilizadas en estudios con consumidores	10
1.1.5.2 Pruebas de tipo sensorial utilizadas en estudios con catadores	14
1.1.6 Dos técnicas de trabajo diferenciadas en la evaluación sensorial	15
1.1.6.1 Estudios de consumidores (estudios subjetivos)	15
1.1.6.2 Análisis sensorial (estudios objetivos)	18
1.1.6.3 Diferencias entre análisis sensorial y estudio de consumidores	22
1.2 PRODUCTOS VEGETALES	23
1.2.1 La Fresa	23
1.2.2 El Tomate	24
1.2.3 El Kiwi	26
1.2.4 La Judía verde	27
1.2.5 El Pimiento	29
OBJETIVOS	33

Capítulo I - INFLUENCIA DEL SISTEMA DE CULTIVO (ECOLÓGICO Y CONVENCIONAL) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE PRODUCTOS VEGETALES Y EL GRADO DE ACEPTACIÓN / PREFERENCIA POR PARTE DEL CONSUMIDOR

Capítulo I. INTRODUCCIÓN	39
1.1 SISTEMAS DE CULTIVO: AGRICULTURA ECOLÓGICA O AGRICULTURA CONVENCIONAL	41
1.1.1 Concepto de agricultura ecológica	44
1.1.2 Distribución geográfica de la agricultura ecológica	46
1.1.3 Control, certificación y etiquetado de productos ecológicos	48
1.1.4 Producción ecológica vs. convencional	50

1.1.5 Organismos y entidades de interés en el ámbito de la producción agrícola ecológica	55
Capítulo I. OBJETIVOS	57
Capítulo I. MATERIAL Y MÉTODOS	61
3.1 MUESTRAS	63
3.2 MÉTODOS	65
3.2.1 Análisis sensorial (con catadores entrenados)	65
3.2.2 Estudio de consumidores	74
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	79
Capítulo I. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	81
4.1 CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LOS ENCUESTADOS	83
4.2 CONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTOS ECOLÓGICOS	87
4.2.1 Relación entre características sociodemográficas y conocimiento de los productos ecológicos	88
4.3 ANÁLISIS DE LOS CONSUMIDORES QUE “SI SABEN” LO QUE SON LOS ALIMENTOS PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA	92
4.3.1 Relación entre las características sociodemográficas de los encuestados y la compra de productos ecológicos	93
4.3.2 Relación entre los hábitos de consumo de productos vegetales y la compra de productos ecológicos	95
4.4 ANÁLISIS DE LOS CONSUMIDORES QUE “SI COMPRAN” ALIMENTOS PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA	98
4.4.1 Relación entre el tipo de producto ecológico consumido y los hábitos de consumo de estos productos	100
4.4.2 Relación entre los hábitos de consumo de productos ecológicos y las características sociodemográficas de los encuestados	102
4.4.3 Relación entre los hábitos de consumo de productos ecológicos y los hábitos de consumo de productos vegetales	104
4.4.3.1 Relación entre la frecuencia de compra de productos ecológicos y los hábitos de consumo de productos vegetales	104
4.4.3.2 Relación entre el lugar principal de abastecimiento de productos ecológicos y los hábitos de consumo de productos vegetales	106
4.5 ANÁLISIS DE LOS MOTIVOS POR LOS QUE LOS CONSUMIDORES COMPRAN/NO COMPRAN ALIMENTOS PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA	108
4.5.1 Análisis de los motivos por los que los consumidores compran productos ecológicos	108

4.5.2 Análisis de los motivos por los que los consumidores no compran productos ecológicos	112
4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE LOS CONSUMIDORES: ACEPTACIÓN /PREFERENCIA	116
4.6.1 Fresa	117
4.6.2 Tomate	123
4.6.3 Kiwi	129
4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE LOS CATADORES	135
4.7.1 Fresa	135
4.7.2 Tomate	139
4.7.3 Kiwi	140
Capítulo I. CONCLUSIONES	145
 <i>Capítulo II. INFLUENCIA DEL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA, EN FORMATO PALET, SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS DE PRODUCTOS VEGETALES</i>	
Capítulo II. INTRODUCCIÓN	151
1.1 CONSERVACIÓN EN ATMÓSFERA MODIFICADA	153
1.1.1 Concepto de envasado en atmósfera modificada (EAM)	154
1.1.2 Componentes básicos del envasado en atmósfera modificada (EAM)	155
1.1.2.1 El gas de envasado	155
1.1.2.2 El material de envasado	161
1.1.2.3 El equipo de envasado	163
1.1.3 Envasado en atmósfera modificada de frutas y verduras frescas	163
1.1.4 Estudios de aplicación del envasado en atmósfera modificada (EAM)	166
Capítulo II. OBJETIVOS	169
Capítulo II. MATERIAL Y MÉTODOS	173
3.1 MUESTRAS	175
3.2 MÉTODOS	181
3.2.1 Análisis sensorial (con catadores entrenados)	181
3.2.2 Determinación del color CIEL*a*b*	187
3.2.3 Determinación de la firmeza	189
3.2.4 Determinación de sólidos solubles	190
3.2.5 Determinación de la humedad	191
3.2.6 Determinación de pH	192
3.2.7 Determinación de acidez total	193

3.2.8 Determinación del ácido ascórbico _____	194
3.2.9 Determinación de los compuestos del color _____	199
3.2.9.1 Determinación de los compuestos del color en tomate _____	199
3.2.9.2 Determinación de los compuestos del color en pimiento y judía verde _____	203
3.2.10 Determinación de fenoles totales _____	209
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO _____	212
Capítulo II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	213
4.1 RESULTADOS DEL PRIMER ENSAYO (SEPTIEMBRE 2010) _____	215
4.1.1 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en tomate _____	216
4.1.2 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en pimiento _____	226
4.1.3 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en judía verde _____	232
4.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO ENSAYO (JUNIO 2011) _____	239
4.2.1 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en tomate _____	240
4.2.2 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en pimiento _____	247
4.2.3 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en judía verde _____	252
4.3 RESULTADOS DEL TERCER ENSAYO (SEPTIEMBRE 2011) _____	259
4.3.1 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en tomate _____	261
4.3.2 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en pimiento _____	269
4.3.3 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en judía verde _____	276
Capítulo II. CONCLUSIONES _____	285
BIBLIOGRAFÍA _____	289



INTRODUCCIÓN



1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL: ANÁLISIS SENSORIAL Y ESTUDIOS DE CONSUMIDORES

1.1.1 Concepto de análisis sensorial

El análisis sensorial se define como: “la ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos” (*UNE-EN ISO 5492: 2010*).

En España, en la década de los 70, se dieron los primeros pasos de normalización en el campo del análisis sensorial, pero no fue hasta 1990 cuando se constituyó el *Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 87 Análisis Sensorial de AENOR*. Desde entonces este Comité trabaja en la elaboración de normas españolas *UNE*, siguiendo las directrices de las certificaciones de *ISO* y, más recientemente, de *CEN* (*AENOR*, 2010).

Carpenter y col. (2002) definen el análisis sensorial como la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las propiedades (atributos, descriptores) de un producto, tal y como son percibidas mediante los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído.

Obviamente, de estas definiciones se desprende que las dos técnicas en que se basa el análisis sensorial son: la fisiología y la psicología de la percepción. Tanto la mente (psicología) como el cuerpo (fisiología) forman parte integral del proceso de análisis sensorial (*Wittig*, 2001; *Carpenter y col.*, 2002).

1.1.2 La psicología de la percepción

Cuando el observador se percata de la existencia de los objetos que le rodean, se debe a que éstos han actuado como "estímulo" sobre sus sentidos (*Wittig*, 2001).

El estímulo consiste en una emisión de energía por parte del objeto, que es captada por el receptor. La cantidad mínima de energía requerida para producir una respuesta sensorial se define como “umbral sensorial” y, a partir de esta percepción, puede ser determinada la eficiencia del detector.

El umbral de percepción o umbral de detección, viene definido por la norma *UNE-EN ISO 5492:2010* como “el valor mínimo de un estímulo sensorial, necesario para dar lugar a una sensación”. Además, es importante diferenciar entre, umbral de reconocimiento, “intensidad mínima de un estímulo para la cual el evaluador asignará al mismo descriptor cada vez que le sea presentado”; umbral de diferencia, “valor de la mínima diferencia perceptible en la intensidad física de un estímulo” y umbral de

saturación, “valor mínimo de un estímulo sensorial intenso por encima del cual no se percibe ninguna diferencia de intensidad” (*UNE-EN ISO 5492:2010*).

1.1.3 Fisiología: sentidos y atributos sensoriales

Las distintas percepciones sensoriales de un alimento discurren en diferentes intervalos de tiempo, así, el primer contacto del ser humano con un alimento se produce habitualmente a través de la vista, el olfato, el oído, o bien por dos o tres percepciones sensoriales de forma simultánea. Las sensaciones subsiguientes son generalmente táctiles (a través de las manos, los labios y la cavidad bucal) y sonoras (los sonidos de la masticación); inmediatamente después o simultáneamente intervienen el gusto y nuevamente el olfato, pero esta vez de forma indirecta.

Todas estas sensaciones influyen en el juicio global sobre un alimento, el que familiarmente y de forma simplificada se denomina “sabor”, aunque es en realidad algo muy complejo (*Sancho y col., 1999*).

A través de los sentidos se detectan los diferentes atributos sensoriales. Un atributo sensorial viene definido por la norma *UNE-EN ISO 5492:2010* como “una característica perceptible por los sentidos”.

1.1.3.1 La vista

Se puede afirmar que la vista es el primer sentido que interviene en la evaluación de un alimento, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia. Frecuentemente, éstos son los atributos con los que cuenta el consumidor para evaluar los productos en el momento de la compra.

El sentido de la vista es estimulado por impresiones luminosas que pueden provenir de grandes distancias, éstas pasan por las lentes de los ojos y son enfocadas como imágenes en la retina. La retina está constituida por un epitelio pigmentado, provisto de neuronas llamadas bastoncitos y conos. Estas células son estimuladas por la luz, generando impulsos nerviosos que son transmitidos por los nervios al centro óptico del cerebro (Figura 1) (*Wittig, 2001*).

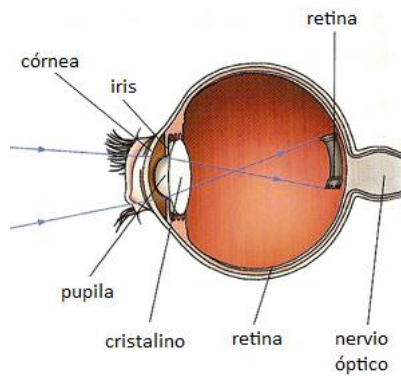


Figura 1. Fisiología del ojo humano

Los atributos sensoriales relacionados con el sentido de la vista a tener en cuenta son: el color (tono, saturación y claridad), atributos geométricos (forma, tamaño y distribución de las partículas), aquellas propiedades relacionadas con las sensaciones producidas por el “contenido de agua o grasa del producto” como la humedad, presencia de grasa, etc.) y otros como la turbidez, la carbonatación, la transparencia, la translucidez y la opacidad (Briz y García, 2004; UNE-EN ISO 5492:2010).

1.1.3.2 El olfato

El sentido del olfato se ubica en el epitelio olfatorio de la nariz. Está constituido por células olfatorias ciliadas, que son las que constituyen los receptores olfatorios (Figura 2). Es un órgano versátil, con gran poder de discriminación y sensibilidad. El sentido del olfato puede detectar muchos olores diferentes cuando se inspiran por la nariz, aunque también es importante para detectar, formando parte del flavor, sustancias volátiles procedentes de los alimentos en la boca (Wittig, 2001; Carpenter y col., 2002).

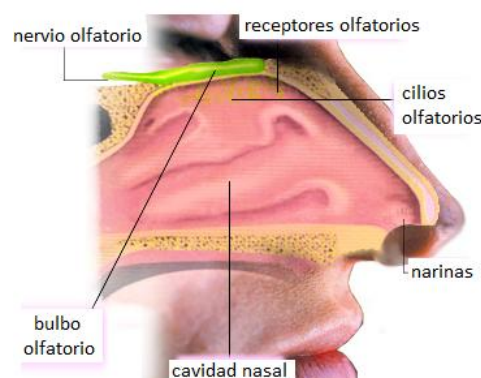


Figura 2. Fisiología del sentido del olfato

Es importante diferenciar entonces entre olor y aroma. El olor es “la sensación percibida por medio del órgano olfatorio al oler ciertas sustancias volátiles” mientras que el aroma es “el atributo sensorial perceptible por el órgano olfatorio, vía retronasal durante la degustación” (UNE-EN ISO 5492:2010).

Un atributo característico relacionado con el sentido del olfato es el olor atípico u olor no característico, comúnmente asociado con el deterioro o transformación del producto (UNE-EN ISO 5492:2010).

Otro atributo importante, relacionado con este sentido es la persistencia definida como “la respuesta a un estímulo asociado con un periodo medible de tiempo” (UNE-EN ISO 5492:2010).

Un aspecto importante relacionado con el sentido del olfato es la adaptación ya que el ser humano tiene una rápida adaptación a los estímulos olfativos repetidos, de tal forma que la percepción de un fuerte olor no es constante, sino que tiende a disminuir con gran rapidez, al habituarse a él (Sancho y col., 1999).

1.1.3.3 El tacto o sentido táctil

El sentido táctil se define como “cualquiera de los sentidos cuyos receptores están en la piel o inmediatamente debajo de ella (o en la membrana de las mucosas) (Figura 3) que dan como resultado una percepción de contacto, presión, calor, frío y dolor” (UNE-EN ISO 5492:2010).

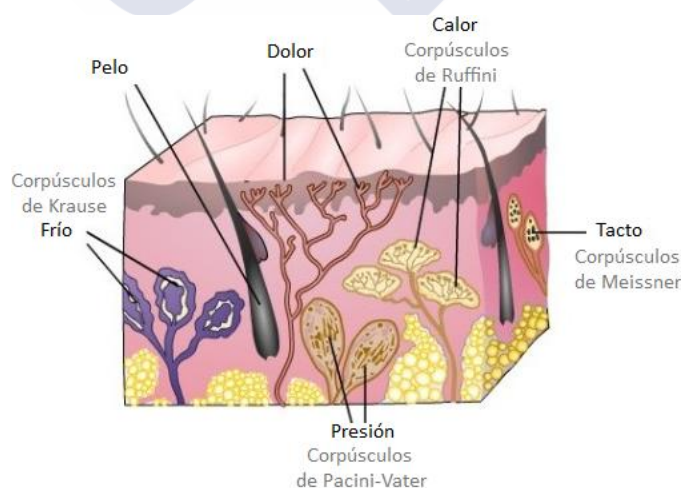


Figura 3. Fisiología del sentido táctil

Un atributo organoléptico muy relacionado con este sentido es la textura definida en la norma *UNE-EN ISO 5492:2010* como “todos los atributos mecánicos, geométricos, de cuerpo y de superficie de un producto perceptibles a través de los receptores cinestésicos^(*1), somáticos^(*2) y, si corresponde visuales y auditivos desde el primer bocado hasta la deglución final”

Los “atributos mecánicos” son aquellos relacionados con la reacción de un producto a un esfuerzo. Estos son: dureza, cohesión, viscosidad, elasticidad y adherencia.

Los “atributos de superficie” son aquellos relacionados con las sensaciones producidas en la boca por la humedad y/o grasa, sobre y cerca de la superficie del producto.

Los “atributos de cuerpo” son aquellos relacionados con las sensaciones producidas en la boca por la humedad y/o grasa presente en la masa del producto y la forma en la que se liberan estos constituyentes.

Los sentidos involucrados en la percepción de la textura son, tal como se desprende de la definición, además del tacto, la vista y el oído.

(*1) Sensación percibida a través de los nervios y órganos, en los músculos, tendones y articulaciones, debida a la posición, movimiento y tensión del producto alimenticio (*UNE-EN ISO 5492:2010*).

(*2) Sensaciones de presión (tacto), temperatura y dolor percibidas por los receptores localizados en la piel y en los labios, incluyendo la mucosa bucal, la lengua y la membrana periodontal (*UNE-EN ISO 5492:2010*).

1.1.3.4 El oído

El oído es el órgano que capta las vibraciones producidas por el aire y que llegan al cerebro a través del nervio auditivo (Figura 4). El sentido del oído es importante para analizar ciertos productos, ya que el sonido que produce su ingesta se puede considerar como un parámetro de calidad. Por ejemplo, el ruido del mordisco de una manzana o unas patatas fritas puede sugerir otros atributos como la frescura, la dureza, etc. contribuyendo a la obtención de una imagen sensorial global del producto (Briz y García, 2004).

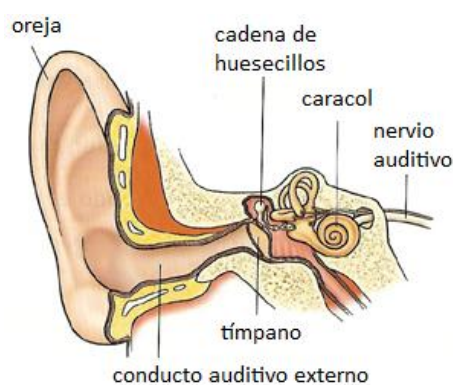


Figura 4. Fisiología del oído

1.1.3.5 El gusto

El proceso que sufre el alimento cuando se introduce en la boca empieza con la trituración por masticación con los dientes, seguido de la extracción de los líquidos por aplastamiento del alimento con la lengua contra el paladar y el simultáneo deslizamiento hacia el esófago del bolo alimenticio. En este proceso, a consecuencia del circuito respiratorio, el aire expandido atraviesa la cavidad bucal y se impregna de los aromas del producto que se ha ingerido, arrastrando estas sustancias hasta las fosas nasales, donde se estimulan las neuronas olfativas (Sancho y col., 1999).

La lengua, que es el principal órgano del sentido del gusto, está recubierta por una membrana. La superficie de esta membrana está recubierta por las papilas gustativas, en las que se localizan los botones o células gustativas.

Los botones gustativos actúan como receptores sensoriales. Poseen unos poros que hacen que se active el mecanismo de la transmisión de la sensación gustativa cuando una sustancia química estimulante se difunde por esos poros y alcanza las células receptoras, que están conectadas a una fibra nerviosa que transmite la sensación al cerebro (Carpenter y col., 2002).

Las papilas gustativas de la lengua detectan cinco sabores básicos^(*): ácido, amargo, salado, dulce y umami, algunos de ellos, en determinadas zonas preferenciales de la lengua, como puede observarse en la figura 5. El sabor dulce se detecta en la punta de la lengua, el amargo en el extremo posterior, el umami en la zona central y el salado y ácido en los bordes (*Sancho y col.*, 1999; *UNE-EN ISO 5492:2010*).

(*) Otros sabores que pueden clasificarse como básicos son el alcalino y el metálico (*UNE-EN ISO 5492:2010*).

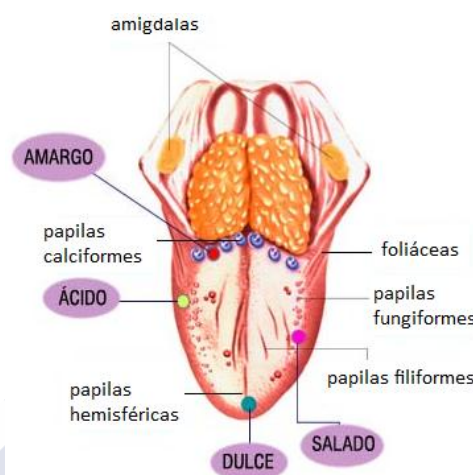


Figura 5. Fisiología de la lengua

En contraposición, autores como *Smith y Margolskee* (2001) destacan que los sabores pueden detectarse a través de los botones gustativos en todas las áreas de la lengua, descalificando con ello la antigua regionalización para los sabores, dulce, salado, ácido y amargo (*Briz y García*, 2004).

Cuando el alimento se encuentra en la boca, también se puede evaluar el flavor que se define en la norma *UNE-EN ISO 5492:2010*, como “la combinación compleja de sensaciones olfativas, gustativas y trigeminales percibidas durante la degustación. El flavor puede estar influenciado por sensaciones táctiles, térmicas, dolorosas y/o efectos cinestésicos”.

Las sensaciones complejas percibidas, englobadas dentro del flavor, son el conjunto de atributos como los sabores básicos ya mencionados, la astringencia, el regusto (gusto residual) y la sensación ardiente, todos ellos definidos en la norma *UNE-EN ISO 5492:2010*.

1.1.4 Las personas: herramienta fundamental en la evaluación sensorial

En la evaluación sensorial, la herramienta fundamental de trabajo son las personas, que reciben el nombre de evaluadores (*UNE-EN ISO 5492:2010*).

En esta norma se diferencian tres tipos de evaluadores, el evaluador seleccionado o catador, el evaluador sensorial experto o catador experto y el consumidor.

El *catador* se define como el evaluador elegido por su capacidad para llevar a cabo un ensayo sensorial.

El *catador experto* se define como el evaluador elegido por su comprobada sensibilidad sensorial, con considerable entrenamiento y experiencia en ensayos sensoriales, que está capacitado para realizar, en varios productos, evaluaciones consistentes y repetibles.

El *consumidor* se define como la persona que utiliza un producto.

El que se necesite disponer de un tipo de evaluador u otro va a depender del tipo de prueba que se pretenda realizar.

1.1.5 Tipos de pruebas en la evaluación sensorial

Existen tres tipos principales de pruebas para la evaluación sensorial, las afectivas (estudios con consumidores), las discriminativas y las descriptivas (estas últimas en estudios con catadores).

1.1.5.1 Pruebas de tipo sensorial utilizadas en estudios con consumidores

Las pruebas afectivas (hedónicas), son aquellas en las cuales el consumidor expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o no le gusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro.

En primer lugar es necesario fijar claramente el objetivo de la prueba. Así si lo que se pretende es evaluar preferencia y/o grado de satisfacción se utilizan las pruebas de preferencia, si lo que se pretende es conocer la aceptación del producto se utilizan las pruebas de aceptabilidad y, por último, si se necesita evaluar la intención de compra, se utilizan las pruebas de intención de compra.

I. Pruebas de preferencia

En estas pruebas el objetivo es conocer si los consumidores prefieren una cierta muestra sobre otra teniendo en cuenta sus gustos personales.

Los tipos de test que se utilizan son, la comparación pareada de preferencia cuando hay dos muestras (Figura 6). Cuando hay tres o más productos se pueden utilizar el ranking de preferencia (ordenación según preferencia) (Figura 7) o la comparación múltiple (comparaciones pareadas entre todas las muestras).

Por favor, evalúe ambos productos comenzando por el de la izquierda. Marque la casilla del producto que prefiera.

Opción A

415 ☐ 522 ☐

Opción B

415 ☐ 522 ☐ No tengo preferencia ☐

Opción C

415 ☐ 522 ☐ Los dos ☐ No me gusta ninguno ☐

Figura 6. Diferentes opciones de test de comparación pareada (Varela, 2011)

Pruebe los 5 productos que se le presentan

Ordénelos según su preferencia, escribiendo el número de la muestra que más le gusta a la izquierda y siguiendo hacia la derecha con las que menos.


Prefiero más				Prefiero menos

Figura 7. Ejemplo del test ranking de preferencia para cinco productos (Varela, 2011)

II. Pruebas de aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad se realizan cuando se desea obtener mayor información acerca de cuánto gusta o disgusta un alimento, acerca de un atributo individual (color, olor,...) o acerca de la aceptabilidad global. Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan escalas hedónicas, éstas son instrumentos de medida de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a las personas que lo prueban.

Las escalas hedónicas, para este tipo de pruebas, pueden ser verbales o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los consumidores y del número de muestras a evaluar (*Moskowitz y col., 2006*).

Las escalas hedónicas verbales presentan a los consumidores una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra. La escala puede constar de cinco, siete, nueve o incluso once puntos, siempre un número impar con un punto medio, a la que se van añadiendo diversos grados de gusto o disgusto del producto en cuestión.

Las escalas hedónicas más usadas y validadas son las de siete y nueve puntos (*Alves y col., 2009; Nicolas y col., 2010*) (Figura 8). *Schutz y Cardello* (2001) proponen las escalas LAM (Labeled Affective Magnitude), escala hedónica mejorada (con 11 puntos) que pretende que se usen con más frecuencia los extremos de las escalas de siete y nueve puntos, ya que indican que raramente son usados (Figura 9).

9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta un poco
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta un poco
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Figura 8. Escala hedónica de 9 puntos

11	Lo máximo que me puede llegar a gustar
10	Me gusta muchísimo
9	Me gusta mucho
8	Me gusta moderadamente
7	Me gusta un poco
6	Ni me gusta ni me disgusta
5	Me disgusta un poco
4	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta mucho
2	Me disgusta muchísimo
1	Lo máximo que me puede llegar a disgustar

Figura 9. Escala LAM en español

De las escalas hedónicas verbales, hay otras alternativas como son las escalas no estructuradas, con indicaciones de texto en los extremos o en los extremos y centro, las escalas estructuradas y las box-scale (Figura 10).

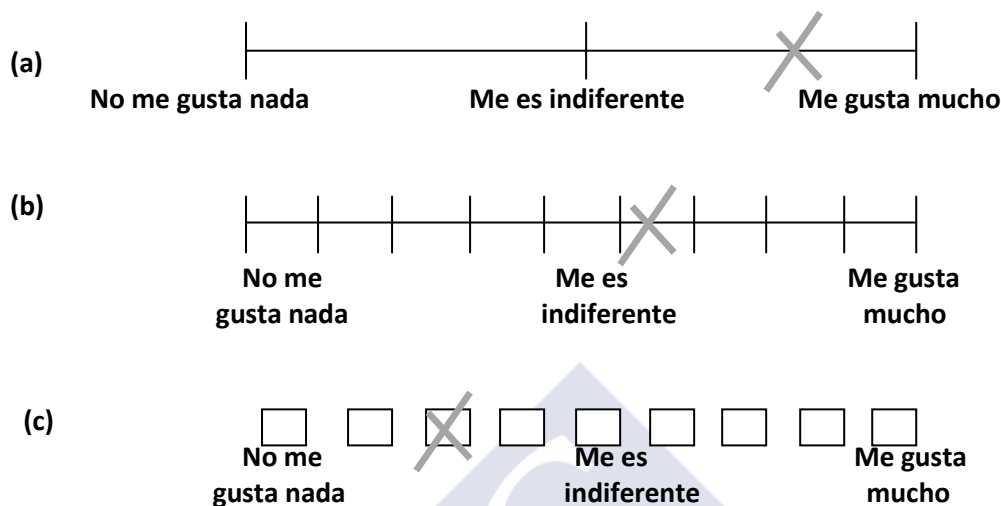


Figura 10. Escala no estructuradas de dos anclas (a), Escala estructurada (b) y Box-Scale (c) (Varela, 2011)

Las escalas hedónicas gráficas se utilizan cuando los consumidores tienen limitaciones para comprender las diferencias entre los términos mencionados en la escala, por ejemplo niños pequeños o personas analfabetas (Figura 11).



Figura 11. Ejemplos de escalas gráficas de cinco, siete y nueve puntos (Varela, 2011)

III. Pruebas de intención de compra

El tercer tipo de prueba que puede llevarse a cabo, dentro de las pruebas afectivas (hedónicas), son las pruebas de intención de compra. El objetivo de éstas es conocer el deseo de una persona para adquirir un producto. No sólo dependen entonces de la impresión agradable o desagradable que reciba el consumidor al probar un alimento sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos, etc.

1.1.5.2 Pruebas de tipo sensorial utilizadas en estudios con catadores

I. Pruebas de diferencias o discriminativas

Son aquellas en las que no se persigue conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Las distintas pruebas de este tipo son:

- Prueba de comparación por parejas (*UNE-EN ISO 5495:2009*), en la cual se presentan las muestras agrupadas en parejas, con objeto de compararlas según criterios definidos.
- Prueba triangular (*UNE-EN ISO 4120:2008*), en la que se presentan simultáneamente tres muestras codificadas, dos de las cuales son idénticas. Los jueces deben identificar la muestra diferente.
- Prueba duo-trío (*UNE-EN ISO 10399:2010*), que consiste en presentar una muestra de referencia. A continuación, se presentan dos muestras, una de ellas, la que es idéntica a la muestra de referencia, es la que deben identificar los jueces.
- Prueba “A” - “No A” (*UNE 87016:1986*), en esta prueba se les presenta a los jueces una muestra identificada como A. A continuación, se le ofrecen una serie de muestras y los jueces deben identificar si las muestras son A o no A.

En función del objetivo perseguido se establecen unas pruebas u otras, participando catadores semientrenados, en las pruebas más sencillas y catadores entrenados en las más complejas.

Estas pruebas son usadas en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables a estándares, etc. Asimismo, por medio de ellas se puede determinar el efecto de modificaciones en las condiciones del proceso sobre la calidad sensorial del producto, las alteraciones introducidas por la sustitución de un ingrediente por otro, etc.

II. Pruebas descriptivas o analíticas

Este tipo de pruebas tratan de definir las propiedades de un alimento y medirlas de manera objetiva. Permiten caracterizar cualitativa y cuantitativamente una o varias propiedades sensoriales a la vez. Proporcionan mucha más información acerca del producto que las otras pruebas; sin embargo, son más difíciles de realizar y el entrenamiento de los catadores debe ser intenso y monitorizado (*Briz y García, 2004*). Las pruebas descriptivas o analíticas pueden clasificarse en:

- Pruebas descriptivas simples, que permiten una descripción cualitativa de propiedades particulares que contribuyen a la caracterización global de la muestra.
- Métodos de análisis descriptivo y perfil sensorial, son pruebas o métodos teóricos que permiten determinar, de manera reproducible, las propiedades sensoriales de un producto valiéndose de términos establecidos previamente en una prueba descriptiva simple.
- Método de perfil de libre elección, mediante el cual jueces con escaso o nulo entrenamiento evalúan productos usando los descriptores propuestos por cada uno.

1.1.6 Dos técnicas de trabajo diferenciadas en la evaluación sensorial

1.1.6.1 Estudios de consumidores (estudios subjetivos)

Una forma de trabajo de la evaluación sensorial son los estudios de consumidores. Se trata de obtener las opiniones personales de los encuestados de cuanto gusta un producto, si es preferido, aceptado, si cumple las expectativas, etc.

La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obliga a que, de una forma u otra, se intente conocer cuál será el juicio crítico del consumidor en la valoración sensorial que realizará del producto alimentario (*Sancho y col., 1999*).

El aspecto hedónico, tiene gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo de un producto alimenticio ya que el éxito o el fracaso de un alimento o bebida en el mercado depende en gran medida de las reacciones totalmente subjetivas del consumidor. Dichas reacciones o respuestas se miden mediante la realización de pruebas afectivas o hedónicas (apartado 1.1.5.1).

MacFie (2007) indica que el éxito de un producto va a depender principalmente de su calidad sensorial, utilizando la aceptabilidad y preferencia como indicadores del

consumo de alimentos y *Lee y O'Mahony* (2005) afirman que la aceptabilidad, preferencia e intención de compra son la base del éxito de un producto en el mercado.

Las características del producto alimenticio (parámetros físico-químicos y, principalmente, sensoriales/afectivos) van a ser fundamentales en la aceptabilidad y preferencia de un alimento o bebida, pero además del factor producto, se conocen otros factores que determinan la elección final de un producto (*Costell y col.*, 2010).

Los aspectos relacionados con el consumidor también van a determinar la aceptabilidad y preferencia de un alimento o bebida. Cada consumidor adquiere unos gustos y preferencias en función de numerosos factores, propios de cada individuo, sus valores (tradición o novedad), motivaciones personales, recursos, emociones (estado de ánimo, estrés, etc.), actitudes individuales, cultura, familia y educación (*Varela*, 2011)

También el contexto, teniendo en cuenta las relaciones sociales, el emplazamiento en el que se consume, el precio, la conveniencia y la disponibilidad del producto, han sido identificados como factores importantes en la comprensión de la aceptación de alimentos y en la predicción del consumo (*King y col.*, 2007).

Los objetivos principales con los que se plantean los estudios de consumidores son:

- Determinar el potencial mercado del producto (condiciones de venta, perfil socioeconómico del comprador y poder adquisitivo).
- Conocer la influencia del cambio de ingredientes, envase, etc. en la aceptabilidad de un producto.
- Intentar igualar un producto a otro presente en el mercado ("benchmark").
- Averiguar el efecto de las campañas publicitarias y los programas educativos lanzados por organismos públicos.

Respecto a la cantidad y selección de los consumidores, según *Briz y García* (2004), para la realización de los estudios de consumidores es necesario contar con un mínimo de 30 consumidores no entrenados.

Otros autores como *Stone y Sidel* (2004) o *Varela* (2011), indican un número mayor, entre 50 y 100 consumidores en pruebas de investigación, pero cuando se trata de tomar decisiones en una industria señalan que se debería contar con un mínimo de 150 consumidores con el fin de obtener datos más fiables.

Para la selección de los consumidores, en función del objetivo del estudio, se debe tener en cuenta que sean o no consumidores habituales o potenciales y compradores del tipo de alimento en cuestión. Pueden ser elegidos al azar o bien seleccionados por aspectos concretos: edad, sexo, capacidad económica, hábitos sociales o de consumo, etc. (*Sancho y col.*, 1999).

A diferencia del análisis sensorial, el entorno de la medida no tiene tanta importancia. Se les puede abordar en la calle, citarlos en un local o sala donde se les hará la prueba, o darles el producto para que toda la familia lo evalúe en su propio domicilio. Cada una de estas circunstancias definirá un tipo de comportamiento (*Sancho y col.*, 1999).

En cuanto a los cuestionarios pueden ser para completar por el propio encuestado o por el entrevistador dependiendo de varios factores como son la localización en el momento de realizarlo (en la calle, supermercado, etc.) o el tipo de sujetos a los que va dirigido ya que, por ejemplo, en niños, adolescentes y ancianos se debe contar con los problemas de atención (*Varela*, 2011).

Debe cuidarse la formulación de la pregunta, ya que puede condicionar la respuesta, sobre todo, si se llama la atención sobre aspectos que normalmente no son claramente diferenciados por el consumidor. De igual forma, se pueden deformar las respuestas en función de la oportunidad y momento en que se efectúa la prueba (*Sancho y col.*, 1999).

Generalmente, los cuestionarios, constan de dos partes, una relacionada con los datos sociodemográficos y otros aspectos sobre actitud, hábitos de consumo, etc., que permiten conocer al consumidor para determinar la aceptabilidad y/o preferencia de un alimento. Otra parte está relacionada con el producto en cuestión y constituye el estudio afectivo propiamente dicho. En esta parte el consumidor evalúa con escalas el grado de aceptación de un producto en base a atributos sensoriales (apariencia, color, olor, sabor, textura) aceptación global, preferencia, intención de compra, etc.

1.1.6.2 Análisis sensorial (estudios objetivos)

La segunda forma de trabajo de la evaluación sensorial es el análisis sensorial objetivo. Intenta medir la respuesta fisiológica a un estímulo, minimizando el sesgo o desviación introducida por los factores psicológicos, sociológicos, étnicos, etc. La herramienta de trabajo son catadores entrenados que funcionan como instrumentos analíticos identificando y cuantificando atributos o descriptores sensoriales sin que interfieran dichos factores.

En el sector alimentación, el análisis sensorial es muy importante en todas las etapas de producción y desarrollo de productos. Entre las aplicaciones destacan (*Sancho y col.*, 1999; *Ibáñez y Barcina*, 2000):

- Elaboración del perfil sensorial de un producto.
- Estudio de la influencia de la materia prima y/o modificación de los ingredientes en el producto final.
- Estudio de los cambios sensoriales que se producen durante el proceso de elaboración de un producto.
- Conocimiento de la influencia de las condiciones de almacenamiento y conservación.
- Establecimiento de la vida útil o comercial.
- Desarrollo de nuevos productos.
- Control de calidad y estandarización de un alimento.

Stone y Sidel (2004) afirman que la evaluación sensorial debe tener un rol primordial en el desarrollo de productos, dentro de un grupo multidisciplinar: compras, marketing, investigación de mercado, control de calidad, etc.

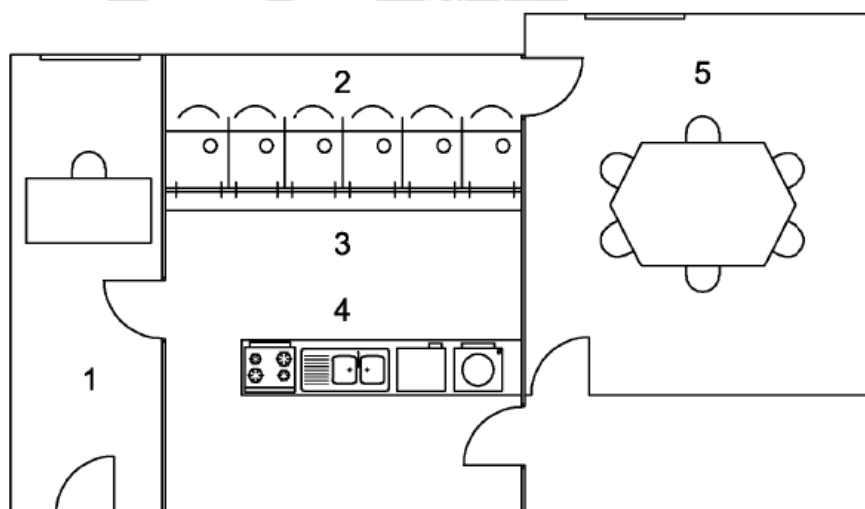
Para realizar el análisis sensorial de manera adecuada existen una serie de elementos fundamentales que hay que tener en cuenta: el entorno, el director o responsable, las muestras, el grupo de sujetos o catadores y el tipo de pruebas que se van a realizar.

Se ha demostrado que las condiciones del entorno (ruidos, iluminación, ambiente) que rodean a los catadores durante la evaluación sensorial influyen en gran medida sobre los resultados obtenidos. Es importante, por tanto, que dichas condiciones ambientales estén normalizadas. La norma *UNE-EN ISO 8589:2010* recoge las directrices generales para el diseño de los locales destinados al análisis sensorial.

Dentro del **entorno de la medida** sensorial se incluye, el material necesario para la preparación y distribución de las muestras, el material informático utilizado en la recogida y tratamiento de datos, así como en la elaboración de las fichas y, por último, los locales, que incluyen el local en el que se realizará la cata, y el de preparación de las muestras.

La sala de cata debe reunir las siguientes condiciones (*UNE-EN ISO 8589:2010*):

- El local será de fácil limpieza, estará aislado de cualquier fuente de ruido (mejor insonorizado) y estará también aislado de olores extraños.
- Las dimensiones deberán ser lo suficientemente espaciaosas para albergar las cabinas y la preparación de las muestras.
- La iluminación provendrá de la luz solar o de lámparas de manera que sea uniforme, regulable y con luz difusa.
- Las condiciones térmicas y de humedad deberán ser agradables, en torno a 20-22 °C y 60-70% respectivamente.
- El número de cabinas que se pueden instalar depende del espacio disponible y del tipo de ensayo a que se destine la sala de cata. En cualquier caso, debe quedar espacio suficiente para permitir la libertad de movimientos y para la distribución de las muestras.



Leyenda

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 Oficina | 4 Área de preparación de muestras |
| 2 Cabinas de cata | 5 Sala de reuniones y de trabajo en grupo |
| 3 Área de distribución de muestras | |

Figura 12. Ejemplo de un posible diseño para una sala de cata (*UNE- EN ISO 8589:2010*)

Las características de las cabinas están también normalizadas, de manera que han de cumplir las siguientes condiciones (*UNE-EN ISO 8589:2010*):

- ser idénticas entre sí y estar separadas unas de otras de manera que los catadores estén aislados, para evitar la comunicación entre ellos. En la mayoría de las pruebas se exige que las valoraciones sean individuales, se evitan así distracciones y la comunicación entre los evaluadores.
- tener unas dimensiones lo suficientemente amplias para situar con comodidad las muestras, los utensilios, los recipientes para escupir, un fregadero si fuera necesario, los productos para enjuagar la boca, los cuestionarios, bolígrafos o los terminales informáticos. Las medidas recomendadas son de al menos 0,9 m de ancho y 0,6 m de fondo y la altura debe de ser la adecuada para evaluar las muestras cómodamente. Las separaciones laterales deben superar los 0,3 m para aislar parcialmente a los evaluadores.
- disponer de asientos cómodos con una altura adecuada a la mesa de trabajo, lo ideal sería que se pudieran ajustar de manera silenciosa.
- usar fregaderos solo si se garantiza el mantenimiento de las condiciones higiénicas y el control de olores.
- tener iluminación individual para cada cabina y que sea uniforme, controlable y no produzca sombras
- el interior de un color gris mate, con un factor de luminosidad del 15% o si se van a comparar muestras de colores claros cercanos al blanco debe pintarse de manera que el factor de luminosidad sea del 30% o mayor.

El director del grupo es el encargado de preparar las sesiones de cata, dar la información necesaria a los catadores e interpretar los resultados. La información que tiene que transmitir a los catadores debe ser suficiente, pero no excesiva, a fin de evitar posibles influencias en los juicios de éstos. Es importante que sea una persona rigurosa y capaz de mantener la atención de los catadores (*Sancho y col., 1999*).

El director es el encargado de elaborar la ficha de cata que debe ser clara, incluyendo términos sencillos, precisos y no sobrecargada. En ella se puede incluir, además de datos del catador, número de cabina, etc., las instrucciones a seguir para realizar la prueba.

En el caso de pruebas descriptivas se incluyen los términos que describen las características sensoriales del producto en función de los atributos percibidos. Dichos términos deben tener el mismo significado, tanto para el director como para los catadores, para evitar errores en la valoración. Para ello, podrá utilizarse la terminología de la norma *UNE-EN ISO 5492: 2010*. Una vez seleccionados y descritos los términos, deberán incluirse escalas que permitan su cuantificación.

Las muestras que se le presentan a los catadores han de cumplir las siguientes condiciones:

- ser anónimas, y codificadas con números de tres dígitos elegidos al azar, ya que el catador no debe tener ninguna información sobre la identidad de la muestra.
- ser presentadas en las condiciones habituales de consumo.
- ser homogéneas para todos los catadores y en igual cantidad o volumen, ya que de otra manera se podrían ver afectadas algunas de sus características como puede ser el color.

El **grupo de sujetos o evaluadores** conforman el panel de cata. Según se recoge en la norma *UNE-EN ISO 5492:2010* el panel de catadores pueden estar formado por distintos tipos de evaluadores (ver apartado 1.1.4).

Según se recoge en la norma *UNE 87024-1:1995*, el procedimiento recomendado para la selección del panel comprende las siguientes fases:

- reclutamiento y selección de los jueces legos;
- entrenamiento de éstos hasta que pasen a ser jueces iniciados;
- selección de los jueces iniciados, de acuerdo con su capacidad para llevar a cabo determinadas pruebas. Así se convierten en catadores;
- selección según una prueba sensorial real (útil en caso de análisis descriptivo);
- entrenamiento opcional de los catadores hasta convertirlos en catadores expertos.

En cuanto al **tipo de pruebas** que se van a utilizar en el análisis sensorial (ver apartado 1.1.5.2), éstas dependerán de los objetivos con los que se plantee el estudio.

1.1.6.3 Diferencias entre análisis sensorial y estudio de consumidores

Hasta ahora se ha expuesto una breve descripción sobre algunos aspectos de dos formas de trabajo de la evaluación sensorial con el objetivo de establecer las características de cada una de ellas y evitar confusiones.

En la siguiente tabla (Tabla 1) se recogen las principales diferencias (*Sancho y col., 1999; Briz y García, 2004; Stone y Sidel, 2004; Varela, 2011*).

Tabla 1. Principales diferencias entre análisis sensorial y estudio de consumidores

	Análisis sensorial	Estudio de consumidores
Pruebas	discriminativas y descriptivas	afectivas
Catador	entrenados	sin entrenar/consumidores
Número de catadores	mínimo 6-8	mínimo 30
Lugar de realización	sala de cata	no necesariamente
Finalidad	datos objetivos	datos subjetivos

El que se opte por una forma u otra de trabajo, va a depender del objetivo que se quiera conseguir. En muchos casos se opta por ambas, ya que son dos técnicas complementarias. Se pueden relacionar los resultados de forma que las correlaciones permitan conocer que atributo o intensidad del mismo hace que un alimento o bebida guste más o menos o sea más o menos preferido/rechazado por los consumidores y, en definitiva, determinar las razones que están detrás de la elección del consumidor o los llamados “drivers of liking”.

1.2 PRODUCTOS VEGETALES

1.2.1 La Fresa

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cuyo nombre procede del latín «fragans», pertenece a la familia de las Rosáceas (*Rosaceae*) y al género *Fragaria*, cuyas especies se encuentran difundidas por zonas templadas (Branzanti, 1989). Es de origen americano y fue introducida en Europa por los primeros colonos de Virginia (Estados Unidos) en el siglo XIX (MAGRAMA, 2012).

La fresa es una especie leñosa y perenne, aunque puede considerarse en nuestro entorno como una especie hortícola de tipo herbáceo (MAGRAMA, 2012).

El fruto, de color rojo, dulce, ácido y aromático, es un engrosamiento del receptáculo floral cuya función es contener dentro de sí los frutos verdaderos de la planta, pequeños aquenios de color oscuro en número variable de 150 a 200 que se alojan en cada fruto (Figura 13).



Figura 13. Fruto de *Fragaria x ananassa* Duch.

En cuanto a sus propiedades nutritivas, su componente más abundante, después del agua, son los hidratos de carbono (fructosa y glucosa) y destaca su aporte de fibra. En lo que se refiere a otros nutrientes, las fresas son una buena fuente de vitamina C, ácido cítrico, ácido málico y oxálico y, en menor proporción, contienen vitamina E. La vitamina C tiene acción antioxidante, al igual que la vitamina E y los flavonoides (antocianos), pigmentos vegetales que le confieren a esta fruta su color característico. Son además, ricas en minerales como hierro, magnesio, potasio, calcio, y fósforo (Tabla 2) (Barasoain, 2005).

Tabla 2. Composición nutricional de la fresa por 100 g de porción comestible
(<http://www.bedca.net>; Programa DIAL)

Energía [Kcal]	36,00	Ca [mg]	25,00	Tiamina [mg]	0,02
Proteína [g]	0,70	Fe [mg]	0,80	Rivoflavina [mg]	0,04
H. de C. [g]	7,00	I [µg]	8,00	Eq. Niacina [mg]	0,60
Fibra [g]	2,20	Mg [mg]	12,00	Piridoxina [mg]	0,06
Grasa total [g]	0,50	Zn [mg]	0,10	Ác. fólico [µg]	61,57
Agua [g]	89,60	Se [µg]	Trazas	Ác. ascórbico [mg]	60,00
		Na [mg]	2,00	Vitamina D [µg]	0,00
		K [mg]	190	Vitamina A [µg]	1,00
		P [mg]	26	Vitamin E [mg]	2,00
Porción comestible (%)		95			

El cultivo de fresa en España ha tenido un desarrollo espectacular en las últimas dos décadas, de forma que España se ha convertido en la mayor productora europea y en la segunda productora mundial, pasando de una producción de 183.000 t en 1991 a 514.027 t en 2011 (MAGRAMA, 2013a; FAOSTAT, 2013).

Tal como se recoge en el avance del anuario de estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en 2010, la Comunidad Autónoma española con mayor producción de fresa es Andalucía (Huelva principalmente) que representa el 97% (267.491 t) de la producción, seguida de Galicia con una producción en torno a las 3.000 t (MAGRAMA, 2013a).

En Galicia, A Coruña representa el 51% de la producción gallega (1.535 t) seguida de Pontevedra (905 t), Lugo (296 t) y, por último, Ourense (268 t) (MAGRAMA, 2013a).

1.2.2 El Tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las Solanáceas (*Solanaceae*) y al género *Lycopersicon*.

El origen del género *Lycopersicon* es la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece ser que fue en México donde se domesticó, quizá porque allí crecía, y crece, como mala hierba entre los terrenos de cultivo (MAGRAMA, 2012).

El fruto, es una baya de forma globular, ovoide o aplastada, de color rojo y cuyo peso oscila, según variedades, entre los 5 y los 500 g. En general, presenta un ligero sabor ácido que se compensa con su particular sabor dulce. La calidad del tomate es

un elemento comercial de gran importancia que se evalúa por un conjunto de factores tales como la compacidad, el color, el sabor, la resistencia al transporte, la aptitud para el almacenamiento, etc. (Figura 14) (Nuez, 1995; FAO, 2002).



Figura 14. Fruto de *Lycopersicon esculentum* Mill.

En cuanto a su valor nutricional, el tomate es un alimento poco energético. Su componente mayoritario es el agua, seguido de los hidratos de carbono. Es una fuente interesante de fibra, minerales como el potasio y el fósforo, y de vitaminas, entre las que destacan la C, E, provitamina A y vitaminas del grupo B, en especial B₁ y niacina o B₃. Además, presenta un alto contenido en carotenos como el licopeno, pigmento natural que aporta al tomate su color rojo característico (Tabla 3).

Tabla 3. Composición nutricional del tomate por 100 g de porción comestible
(<http://www.bedca.net>; Programa DIAL)

Energía [Kcal]	19,00	Ca [mg]	11,00	Tiamina [mg]	0,06
Proteína [g]	0,90	Fe [mg]	0,50	Rivoflavina [mg]	0,04
H. de C. [g]	3,50	I [μg]	2,20	Eq. niacina [mg]	0,80
Fibra [g]	1,40	Mg [mg]	10,00	Piridoxina [mg]	0,10
Grasa total [g]	0,10	Zn [mg]	0,20	Ác. fólico [μg]	28,8
Agua [g]	94,00	Se [μg]	0,98	Ác. ascórbico [mg]	19,00
		Na [mg]	18,00	Vitamina D [μg]	Trazas
		K [mg]	236	Vitamina A [μg]	217
		P [mg]	22	Vitamina E [mg]	0,89
<hr/>					
Porción comestible (%)	95				

En cuanto a su importancia económica y distribución geográfica, el tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio (MAGRAMA, 2012).

La producción española ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos años. En 2011 la producción de tomate en España se sitúa en 3.821.490 t de

producción anual, ocupando el puesto noveno entre los países con mayor producción (FAOSTAT, 2013).

Por Comunidades Autónomas, en 2010, es Extremadura la mayor productora con 1.650.000 t, le sigue Andalucía con 1.523.000 t y Murcia ya en menor proporción (348.000 t). Galicia ocupa el quinto puesto, en la producción a nivel nacional, con 128.000 t, siendo Pontevedra la que cuenta con una mayor producción (48.000 t) seguida de Orense y A Coruña en torno a las 29.000 t (MAGRAMA, 2013a).

1.2.3 El Kiwi

El kiwi (*Actinidia deliciosa* A. Chev., C. F. Llang y A. R. Ferguson) es una planta originaria de China donde se conoce con el nombre de “Yang-Tao, pero no fue China la que extendió su cultivo por el mundo entero, sino que fue Nueva Zelanda tras obtener muy buenos resultados al introducirlo en su territorio hacia 1904. Es en Nueva Zelanda donde se le pone el nombre con el que se conoce actualmente, kiwi, por similitud del fruto con un ave que habita esta región llamado kiwi (*Apteryx australis*).

El fruto, es una baya de forma elipsoidal de piel parda con pelusa en toda su totalidad. La pulpa es de color verde esmeralda con un sabor agri dulce y muy refrescante. Contiene gran cantidad de semillas muy pequeñas, de color negro muy intenso cuando el fruto está maduro y marrón claro cuando está verde (Figura 15).



Figura 15. Fruto de *Actinidia deliciosa* A. Chev., C. F., Llang y A. R. Ferguson

Es un fruto que presenta interesantes propiedades nutritivas y muy saludable. Su componente mayoritario es el agua. Destaca su contenido en vitamina C y vitaminas del grupo B, entre ellas el ácido fólico. Asimismo, es rico en minerales como potasio, magnesio y fibra, soluble e insoluble (Tabla 4).

Tabla 4. Composición nutricional del kiwi por 100 g de porción comestible
(<http://www.bedca.net>; Programa DIAL)

Energía [Kcal]	52,00	Ca [mg]	25,00	Tiamina [mg]	0,01
Proteína [g]	1,10	Fe [mg]	0,40	Rivoflavina [mg]	0,03
H. de C. [g]	10,60	I [µg]	0,33	Eq. niacina [mg]	0,60
Fibra [g]	1,90	Mg [mg]	15,00	Piridoxina [mg]	0,15
Grasa total [g]	0,50	Zn [mg]	0,10	Ác. fólico [µg]	26,83
Agua [g]	85,90	Se [µg]	0,60	Ác. ascórbico [mg]	59,00
		Na[mg]	4,00	Vitamina D [µg]	0,00
		K [mg]	290	Vitamina A [µg]	6,22
		P [mg]	35,00	Vitamina E [mg]	1,12
Porción comestible (%)		85			

Italia es, seguida de Nueva Zelanda y Chile, el país con mayor volumen de producción de kiwi en 2011. España se encuentra en el undécimo puesto a nivel mundial (FAOSTAT, 2013).

A nivel estatal, en los últimos años, se incrementó enormemente, tanto la superficie destinada al cultivo como la cantidad de fruto producido, pasando de una producción de 1.100 t de kiwi en 1991 a 25.676 t en 2010 (MAGRAMA, 2013a).

Por Comunidades Autónomas, la producción en Galicia representa aproximadamente, el 83,4% de la producción a nivel estatal con unas 21.425 t. Esta producción se encuentra principalmente en las provincias de Pontevedra (14.884 t) y A Coruña (5.948 t) (MAGRAMA, 2013a).

1.2.4 La Judía verde

La judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más apreciados y tradicionales en España (De Ron y col., 2003). Se trata de una planta herbácea perteneciente a la familia de las leguminosas (*Leguminosae*) y al género *Phaseolus* (MAGRAMA, 2012).

Los indicios más antiguos de cultivo datan aproximadamente del año 5.000 a C. Es originaria de México, Perú-Ecuador-Bolivia y fue traída de América a Europa por los españoles en el siglo XVI a partir del descubrimiento de América (MAGRAMA, 2012).

Las judías para consumo en verde se recolectan en una fase anterior a la madurez de sus semillas y en estado de vainas tiernas, pudiendo aprovecharse para el consumo directo en fresco (83%), así como en la industria conservera y de congelación

(17%). Tienen forma alargada (10 a 20 cm según la variedad), cilíndrica o aplanada, de color verde, más o menos claro, aunque existen variedades amarillas o incluso con manchas de color oscuro, de sabor suave y, en ocasiones, con un toque dulzón (Figura 16) (MAGRAMA, 2012).



Figura 16. Fruto de *Phaseolus vulgaris* L.

Las judías verdes son un alimento con un bajo aporte calórico. Son una buena fuente de fibra, aunque su contenido es menor al que se encuentra en otros vegetales. Entre los minerales destaca la presencia de potasio y calcio y, en menor proporción, yodo, fósforo, hierro y magnesio. Éste último forma parte de la molécula de clorofila, pigmento al que las judías deben su característico color verde.

En cuanto al contenido en vitaminas, las judías verdes, son buena fuente de vitamina C, folatos, y provitamina A o β -caroteno, así como de B₂ y B₆, presentes en menor cantidad (Tabla 5).

Tabla 5. Composición nutricional de la judía verde por 100 g de porción comestible
(<http://www.bedca.net>; Programa DIAL)

Energía [Kcal]	28,00	Ca [mg]	39,00	Tiamina [mg]	0,07
Proteína [g]	2,20	Fe [mg]	1,00	Rivoflavina [mg]	0,10
H. de C. [g]	3,70	I [μg]	3,60	Eq. niacina [mg]	0,85
Fibra [g]	2,80	Mg [mg]	25,00	Piridoxina [mg]	0,20
Grasa total [g]	0,40	Zn [mg]	0,20	Ác. fólico [μg]	62,30
Agua [g]	90,10	Se [μg]	1,40	Ác. ascórbico [mg]	20,0
		Na [mg]	4,00	Vitamina D [μg]	Trazas
		K [mg]	243	Vitamina A [μg]	47,00
		P [mg]	38,00	Vitamina E [mg]	0,26
Porción comestible (%)		92			

En cuanto a la distribución geográfica en función del volumen de producción, China es con diferencia, el país con mayor volumen alcanzando 15.716.947 t en 2011, seguida de Indonesia (883.802 t) y la India (617.869 t). España, en 2011, ocupa el puesto número ocho en el ranking mundial, con una producción de 175.000 t (FAOSTAT, 2013).

En España, más de la mitad de la producción de judía verde, se obtiene en dos Comunidades Autónomas, Andalucía (48.792 t) y Galicia (39.978 t). La mayor parte del cultivo en invernadero se realiza en Granada y Almería en la estación fría y en A Coruña (12.316 t) y Pontevedra (12.741 t) en verano (MAGRAMA, 2012; MAGRAMA, 2013a).

1.2.5 El Pimiento

El pimiento es una planta herbácea, anual que pertenece a la familia de las Solanáceas (*Solanaceae*). Todas las formas de pimiento utilizadas por el hombre pertenecen al género *Capsicum*. Esta denominación se debe a la capsicina, un alcaloide que le confiere una pungencia característica a su carne.

La especie más cultivada es *Capsicum annuum* L., en la que se incluyen los pimientos gallegos (Higón, 2002; Andrés-Ares y col., 2004; MAGRAMA, 2012).

Su origen botánico cabe centrarlo en América del Sur, concretamente en el área de Perú-Bolivia, desde donde se expandió al resto de América Central y Meridional. Con el descubrimiento de América el pimiento llegó a España en 1493, extendiéndose a lo largo del siglo XVI por otros países de Europa, Asia y África (MAGRAMA, 2012).

El cultivo del pimiento de Padrón parece tener su origen en unas semillas traídas a Galicia por los monjes Franciscanos a su casa de Misiones de Herbón, localidad vecina de Padrón, en el siglo XVII (Estrada-Arias y col., 2000). La mayoría de los historiadores coincide en que el origen de las semillas fue México y, más concretamente, Querétaro, donde la congregación tenía una escuela. Otro hecho a favor de su origen mejicano es la existencia de un pimiento muy similar en la zona de Tabasco (Riveiro-Leira, 2006).

El pimiento tipo Padrón es de pequeño tamaño y forma alargada, cónica y ligeramente rugosa o surcada, marcando en el ápice 3 ó 4 lóbulos. Sus dimensiones medias se sitúan entre 3,5 y 5,5 cm de longitud y el diámetro de la base se encuentra entre 1,5 y 2,0 cm. Es de carne fina con un espesor medio de 1,5 cm. Se consume

verde y presenta un sabor un tanto picante, si bien existen variedades dulces (Figura 17) (Andrés-Ares y col., 2004; Riveiro-Leira, 2006).



Figura 17. Fruto de *Capsicum annuum* L.

En cuanto a las propiedades nutritivas, los pimientos tipo Padrón, tienen un valor nutritivo muy semejante al de cualquier pimiento verde.

Es una buena fuente de fibra y, al igual que el resto de verduras, su contenido proteico es muy bajo y apenas aporta grasas, aunque hay que tener en cuenta que los pimientos crudos se fríen en aceite antes de su consumo, lo que inevitablemente da lugar a un aumento en su contenido de lípidos. Son muy ricos en vitamina C, sobre todo los de color rojo. De hecho, llegan a contener más del doble de la que se encuentra en frutas como la naranja o las fresas (Tabla 6).

Tabla 6. Composición nutricional de del pimiento por 100 g de porción comestible
(<http://www.bedca.net>; Programa DIAL)

Energía [Kcal]	19,68	Ca [mg]	9,00	Tiamina [mg]	0,04
Proteína [g]	0,62	Fe[mg]	0,40	Rivoflavina [mg]	0,01
H. de C. [g]	1,60	I [µg]	0,17	Eq. niacina [mg]	0,10
Fibra [g]	1,80	Mg [mg]	8,00	Piridoxina [mg]	0,30
Grasa total [g]	0,80	Zn[mg]	0,12	Á. fólico [µg]	25,05
Agua [g]	95,20	Se [µg]	Trazas	Á. ascórbico [mg]	152,00
		Na [mg]	6,00	Vitamina D [µg]	0,00
		K [mg]	155	Vitamina A [µg]	40,00
		P [mg]	15,00	Vitamina E [mg]	0,86
Porción comestible (%)		83			

En el año 2011, España ocupa el sexto puesto en el ranking mundial en producción de pimiento verde, sin especificar su variedad ni uso, alcanzando las 898.260 t de producción por detrás de EE.UU, Indonesia, Turquía, México y China

(15.545.683 t), mayor productor con mucha diferencia sobre los demás (*FAOSTAT*, 2013).

Por Comunidades Autónomas, Andalucía y Murcia producen casi el 76% de pimiento (sin especificar su variedad ni uso) a nivel estatal. Galicia produce 49.275 t situándose por detrás de las dos anteriores. A Coruña, Pontevedra y Orense producen entre las 10.000 y 16.000 t. En Lugo la producción es menor y se sitúa en torno a las 7.000 t (*MAGRAMA*, 2013a).







OBJETIVOS



Esta Tesis Doctoral se encuentra integrada en dos Proyectos de Investigación,

- ***“Estudio comparativo de las características sensoriales y físico-químicas de productos vegetales ecológicos, en fresco y tras la aplicación de diferentes procesos industriales, frente a convencionales”***, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (Referencia AGL 2002-03018.ALI).

- ***“Mellora das condicións de almacenaxe mediante conservación en atmosfera modificada de produtos hortícolas (Horto-palet)”***, financiado por la Consellería de Economía e Industria, Tecnoloxía da Alimentación, Xunta de Galicia (Referencia PGIDIT09TAL003E).

En base a ello se ha estructurado en dos capítulos a fin de cumplir los dos objetivos generales planteados:

- Estudio de la influencia del sistema de cultivo (ecológico y convencional) sobre las características sensoriales de productos vegetales y el grado de aceptación/preferencia por parte del consumidor.
- Estudio de la influencia del envasado en atmósfera modificada, en formato palet, sobre las características sensoriales y físico-químicas de productos vegetales.





Capítulo I

INFLUENCIA DEL SISTEMA DE CULTIVO (ECOLÓGICO Y CONVENCIONAL) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE PRODUCTOS VEGETALES Y EL GRADO DE ACEPTACIÓN/ PREFERENCIA POR PARTE DEL CONSUMIDOR





Capítulo I

1. INTRODUCCIÓN



1.1 SISTEMAS DE CULTIVO: AGRICULTURA ECOLÓGICA O AGRICULTURA CONVENCIONAL

La forma de cultivar los alimentos ha sufrido numerosas modificaciones a lo largo de la historia asociadas a cambios económicos, sociales y culturales, de forma que, la agricultura se ha ido adaptando a las necesidades de cada momento histórico.

En torno a 1924, el estudioso alemán *Rudolf Steiner* utilizó el término de agricultura biodinámica, que combinaba ciencia, filosofía y espiritualidad. Al mismo tiempo, en otros países, particularmente en Reino Unido y Estados Unidos, diversos científicos estudiaban sistemas naturales de producción agrícola, sin que sus trabajos alcanzaran demasiada notoriedad.

Tras la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), el crecimiento económico llegó de la mano de la industrialización productiva. El objetivo era alimentar una población que había padecido graves carencias nutritivas durante el período bélico y que requería un aporte inmediato de alimentos, ligado a una seguridad efectiva en su abastecimiento. Se produjo la llamada «revolución verde», basada en el uso intensivo de los medios de producción, principalmente agroquímicos, y en la mecanización de las labores agrícolas (MAGRAMA, 2010).

Los efectos de la modernización agraria no se hicieron esperar y, ya en los inicios de los años 60, se produjeron incrementos notables en la productividad de la tierra y en la mano de obra en muchos países europeos, con el consiguiente aumento de la rentabilidad de aquellas explotaciones agrarias que habían podido adoptar el modelo modernizador. A finales de los años 60, y como consecuencia del excesivo afán productivista, se produjeron una serie de consecuencias negativas de orden económico (endeudamiento de los agricultores, desequilibrios de rentas entre la población urbana y rural...), social (despoblación de áreas rurales, envejecimiento de la población rural...) y ecológico (contaminación de recursos hídricos, erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, deterioro de la biodiversidad...) (Alonso, 2002).

Actualmente, coexisten varias prácticas agrícolas para la obtención de alimentos, la principal y más abundante es la producción convencional, a continuación se encuentra la producción agrícola ecológica, la cual se está afianzando en los últimos años y consiguiendo un mayor peso en la producción agrícola total y, por último, la producción integrada que surge a medio camino entre las dos anteriores.

El modelo de agricultura convencional se basa en el uso de fuertes cantidades de insumos externos, con un gran consumo energético en forma de productos

agroquímicos y maquinaria, así como el empleo de semillas de alto rendimiento. Lo que consigue este sistema de producción es eliminar las asociaciones entre cultivos, simplificar la rotación, intensificar el uso de productos agroquímicos y de maquinaria, lo que conduce a la industrialización de la agricultura y la perturbación de los diversos ecosistemas (*Kolmans y Vásquez, 1999*).

Según se refleja en el estudio de *López (2009)*, la agricultura convencional persigue alimentar a la mayor parte de la población global aunque lleve asociados problemas en el entorno. La sustentabilidad de las cosechas con altas producciones requiere un uso intensivo de fertilizantes, aplicación de pesticidas, más gasto de agua y plantaciones de semillas genéticamente modificadas. Como consecuencia, las entradas industriales que llegan al entorno contaminan las aguas subterráneas, hábitats acuáticos y terrestres, dañan la biota y son persistentes en el medio ambiente.

A pesar de esto, la tecnología de producción convencional de alimentos recibió un amplio apoyo por parte de los gobiernos de los distintos países ya que aumentó la producción nacional y el ingreso económico (*López, 2009*).

Kolmans y Vásquez (1999) señalan que desde el punto de vista económico, la agricultura convencional cada vez se muestra menos atractiva, debido a que ni los rendimientos ni la calidad corresponden a las inversiones de dinero y energía empleadas (agroquímicos y maquinaria).

García (2007) denomina agricultura convencional al sistema agroalimentario actual, predominante a nivel mundial y lo define como el sistema basado en el uso inadecuado de sustancias químicas de síntesis y la búsqueda de la rentabilidad por encima de la seguridad alimentaria, ocasionando serios problemas de tipo sanitario en las personas y el medio ambiente en general. Este autor coincide con *López (2009)* y expone que los riesgos y las consecuencias de este sistema van, desde la contaminación con sustancias tóxicas del agua, los suelos, el aire y los alimentos, hasta la pérdida de la calidad nutricional de los alimentos.

Ante esta realidad, cada vez más documentada, *García (2007)* propone la agricultura ecológica como una alternativa que crece cada día, debido a que en sus formas de producción prohíbe el uso de sustancias químicas de síntesis y promueve el restablecimiento de la fertilidad de los suelos, la biodiversidad, la crianza de animales en libertad, etc., todo lo cual contribuye a mejorar el medio ambiente, la seguridad alimentaria y la calidad de los alimentos que en este sistema se producen.

Otros autores, como *Simón y col.* (2002) y *Fuentes y col.* (2010), apoyan esta idea, indicando que si se tiene en cuenta que las características de un suelo varían con la labranza y que las prácticas de gestión aplicadas, determinan la fertilidad del suelo, la agricultura ecológica parece ser el modelo de producción a seguir hoy día, no solo como un nuevo sector agrario que diversifica la actividad agraria sino como una respuesta a los problemas generados por el modelo convencional que si bien, logró superar la situación de dependencia en el suministro de alimentos en Europa, ha generado un conjunto de problemas económico-financieros, sociales y ecológicos que lo convierten en un modelo no sostenible.

La defensa de la agricultura ecológica surge, en gran medida, como respuesta a estas disfuncionalidades de la actividad agraria industrializada, por parte de diversos movimientos sociales (grupos ecologistas, asociaciones de agricultores, organizaciones de consumidores...), que rechazaban un particular sistema productivo, planteando su sustitución por otro distinto. En el caso europeo, las propuestas se nuclearon en torno al Congreso de Versalles de 1972, en el que estos movimientos sociales confluyeron para formar la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica (International Federation of Organic Agriculture Movements [IFOAM]), con el objetivo principal de fomentar y difundir el manejo ecológico de los recursos naturales.

Las reivindicaciones de éste y otros movimientos sociales surgidos desde entonces, sin duda han influido en que se haya iniciado desde principios de los ochenta, un reconocimiento paulatino de las autoridades de los países europeos del papel que puede jugar la agricultura ecológica en la preservación de los espacios naturales y como alternativa económicamente viable, estableciendo marcos legislativos para el desarrollo de la misma (*Alonso*, 2002).

Otros autores como *Sánchez-García y col.* (2002) indican que el continuado aumento de la producción agroalimentaria y el estancamiento de su demanda, en los últimos años, en los países desarrollados, ha determinado la tendencia a la saturación de dichos mercados. En este entorno competitivo, diversas actuaciones empresariales centradas en la diferenciación de los productos y en la calidad alimentaria se están convirtiendo en claves estratégicas. En este contexto, la producción alimentaria ecológica puede tener una importante oportunidad de desarrollo.

Limitada inicialmente a pequeños grupos de productores, elaboradores y consumidores, la agricultura ecológica está experimentando desde hace algunos años una fuerte expansión a escala mundial.

Las razones para impulsar este sistema de producción son múltiples. Es incuestionable que el mayor activo de la producción ecológica radica en su sostenibilidad, por la integración de objetivos medioambientales en la producción agropecuaria (MAGRAMA, 2010).

Desde la década pasada, la agricultura ecológica ha sido un elemento significativo en la política de promoción de la seguridad alimentaria y en la calidad ambiental de producción de alimentos en Europa, como consecuencia de la exclusión del empleo de fertilizantes minerales y otros productos químicos como pesticidas (De Backer y col., 2009).

Después de esta pequeña recopilación de ideas, queda claro que la agricultura ecológica, en el sentido amplio del término, se opone a la convencional, o lo que es lo mismo, la agricultura ecológica se debe encuadrar dentro de ese movimiento que ha comenzado a aflorar en el campo y que se conoce como postproductivismo rural en oposición a la etapa productivista que se generaliza con posterioridad a la II Guerra Mundial (Armesto, 2007).

1.1.1 Concepto de agricultura ecológica

Existen numerosas denominaciones para un mismo hecho, incluso en la UE aparece esta multiplicidad de denominaciones. En inglés el término correcto es el de *orgánico*; en francés, italiano, griego, neerlandés y portugués es *biológico*; mientras que en español, alemán, danés, sueco y noruego se utiliza *ecológico*. De cualquier modo, en el caso español hay numerosas asociaciones, consumidores y productores que emplean indistintamente cualquiera de los tres términos (Armesto, 2007).

El *USDA National Organic Standards Board* de los EE.UU en abril de 1995, define la agricultura ecológica como «*el sistema de manejo agrícola que promueve y fomenta la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica edáfica, basándose en un uso mínimo de insumos procedentes del exterior de la explotación y en prácticas agrícolas que restauran, mantienen e intensifican la armonía ecológica*» (Gold, 2007).

En el marco conceptual referente de la agricultura ecológica se evidenció la contraposición de principalmente, dos modelos. El más extendido identifica la agricultura ecológica con la sustitución de insumos químicos de síntesis por otro tipo de compuestos que minimicen el impacto medioambiental de la actividad agraria (Lampkin, 1998), mientras que el otro modelo defiende la inclusión entre los objetivos

de la agricultura ecológica de consideraciones adicionales a las meramente agronómicas, como las relativas a la sostenibilidad (Hecht, 1999) (Boza, 2010).

La agricultura ecológica implica prácticas de cultivo variadas y un aporte limitado de abonos (Armesto, 2007). En el Anexo 2, de las directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente de la *Comisión del Codex Alimentarius*, aparecen reflejadas las sustancias permitidas para la producción de alimentos ecológicos (fertilizantes y acondicionadores del suelo, sustancias para el control de plagas y enfermedades) especificando los requisitos de composición y condiciones de uso para cada una de ellas.

De acuerdo con el segundo modelo, el Reglamento (CE) 834/2007 define la producción ecológica como *«un sistema general de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas ambientales, un elevado nivel de biodiversidad, la preservación de recursos naturales, la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y una producción conforme a las preferencias de determinados consumidores por productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales»*

La Conferencia Internacional sobre Agricultura Orgánica y Seguridad Alimentaria de la *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)* en 2007 define la agricultura ecológica como *«un sistema integral de gestión de la producción que promueve y mejora la salud del ecosistema agrícola, incluidos su biodiversidad, ciclos biológicos y actividad biológica del suelo. Da preferencia al uso de prácticas de gestión sobre el de insumos ajenos a la explotación, teniendo en cuenta que las condiciones regionales necesitan sistemas adaptados a la realidad local. Para ello, se utilizan, en la medida de lo posible, métodos culturales, biológicos y mecánicos, en lugar de materiales sintéticos, para realizar cualquier función específica dentro del sistema»*.

Aunque realmente, la definición más reciente y completa por lo que a su desarrollo se refiere es la que se propone en la asamblea general de la *Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Ecológica (IFOAM)* en 2008. Desde esta organización se indica que la agricultura ecológica debe cumplir los principios de salud, ecología, respeto y equidad y la define como *«un sistema de producción que mantiene la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, en lugar de la utilización de insumos con efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para beneficiar al medio ambiente que compartimos y*

promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los entes involucrados».

Este es un enfoque mucho más amplio que incluye cuestiones que sobrepasan el simple marco agronómico al que se ceñían las anteriores definiciones (Armesto, 2007).

De acuerdo con esta visión más amplia del concepto de agricultura ecológica Kolmans y Vásquez indican en 1999 que ecológico, no se refiere tan sólo a una producción orientada solamente hacia la protección del consumidor, sino que también protege los suelos y asegura la buena nutrición de las plantas.

1.1.2 Distribución geográfica de la agricultura ecológica

Numerosos autores destacan la agricultura ecológica como un modo alternativo de entender la práctica agraria que gana cada vez más adeptos. La *Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Ecológica* (IFOAM) ha estimado un índice de crecimiento de producción global de entre un 20 y un 30% cada año (Armesto, 2007; Dos Santos y col., 2009).

A nivel mundial, hay una producción total agrícola ecológica de 37,2 millones de ha, incluyendo las áreas en conversión, cifra que se situaba en 35,2 millones de ha en el año 2008. Por continentes, el que posee una mayor superficie de tierra dedicada a producción agrícola ecológica es Oceanía con 12,2 millones de ha, le sigue Europa (10,6 mill ha), América Latina (6,9 mill ha), Asia (3,7 mill ha), Norte América (2,8 mill ha) y África (1,1 mill ha) (Willer y Klicher, 2013).

En el contexto europeo, un aspecto a destacar, clave para la evolución de la agricultura ecológica en Europa, es la elaboración a principios de los años 90 de unas normas de producción y certificación del producto ecológico a nivel europeo que han sentado las bases del desarrollo del sector y del mercado. Se trata del Reglamento (CEE) 2092/91 sobre producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios que permite armonizar las prácticas de producción ecológica, lo que ha posibilitado, no sin dificultades, que el mercado alimentario ecológico comunitario se aproxime a un verdadero mercado único. Esta normativa está actualmente derogada por el Reglamento (CE) 834/2007.

Este reconocimiento legal es especialmente importante desde el punto de vista del mercado, al hacer distintivos y reconocibles los productos ecológicos por parte de los consumidores.

Un año después, en 1992, se produce la reforma de la Política Agraria Común, que en líneas generales pretende conectar el sector agrario con un desarrollo rural respetuoso con los recursos naturales. En este sentido se promulga el Reglamento (CEE) 2078/92 del Consejo de 30 de junio, donde se establece el marco financiero para fomentar métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente (*Alonso, 2002*).

Desde entonces la producción agrícola ecológica fue creciendo hasta obtener las cifras actuales en Europa (10,6 mill ha, a finales de 2011) (*Willer y Klicher, 2013*).

España no ha sido ajena a la evolución positiva del sector ecológico y ocupa la primera posición, a nivel europeo, en términos de superficie y en número de operadores. En 2011, la superficie ecológica inscrita alcanzó las 1.845.039 ha (*MAGRAMA, 2013a*).

A pesar de tener estas elevadas cifras en el conjunto del sector ecológico español, existen fuertes diferencias entre regiones, así por Comunidades Autónomas, Andalucía es la región que cuenta con una mayor superficie dedicada a la producción agrícola ecológica, en torno a las 973.239 ha. Las regiones que le siguen a la cabeza son Castilla La Mancha, con unas 307.613 ha y Cataluña con 92.435 ha (*MAGRAMA, 2013a*).

A nivel autonómico, según el Anuario de Estadística del MAGRAMA, Galicia tiene 14.430 ha de superficie de agricultura ecológica. Por provincias, Orense es la que tiene una mayor superficie total inscrita (6.743 ha), seguida de Lugo (5.486 ha), Pontevedra (1.120 ha) y, en último lugar, A Coruña (1.082 ha) (*MAGRAMA, 2013a*).

1.1.3 Control, certificación y etiquetado de productos ecológicos

En el crecimiento actual del consumo de productos ecológicos influyen numerosos factores: conocimiento y características sociodemográficas del consumidor, sensibilidad respecto a efectos sobre la salud, desarrollo y eficacia de los organismos de control para transmitir confianza, sobre-precios pagados por los productos ecológicos, estandarización en las etiquetas para su reconocimiento por el consumidor, grado de organización de los productores, soporte institucional, desarrollo de canales comerciales y promoción pública, entre otros (Alonso, 2002).

Aún así, según se refleja en la Guía de Actividad Empresarial sobre Agricultura Ecológica (Bic Galicia, 2007) el consumidor no cuenta con la información suficiente sobre los productos ecológicos y sobre los beneficios que aportan. Además, existe cierta confusión entre los alimentos ecológicos y algunos otros como, por ejemplo, los naturales, integrales o artesanales. Para paliar en parte esta problemática se publicó el Real Decreto 1614/2005 del 30 de diciembre de 2005, el cual reserva en exclusiva para los productos ecológicos los siguientes términos: biológico, BIO, ecológico, ECO y Orgánico.

Además los productos ecológicos están sometidos a un sistema de control y certificación, que en España, es competencia de las Comunidades Autónomas y se lleva a cabo mayoritariamente por autoridades de control públicas, a través de Consejos o Comités de Agricultura Ecológica territoriales que son organismos dependientes de las correspondientes Consejerías o Departamentos de Agricultura, o directamente por Direcciones Generales adscritas a las mismas.

No obstante, las Comunidades Autónomas de Andalucía y Castilla La Mancha, han autorizado a organismos privados para la realización de estas funciones y, en el caso de Aragón, las autoridades competentes han designado una autoridad de control pública y han autorizado a su vez organismos de control privados.

En Galicia, el organismo de control encargado de emitir el certificado de producción ecológica a todas aquellas explotaciones que así lo soliciten y cumplan con los requisitos establecidos a tal efecto es el “Consello Regulador de Agricultura Ecolóxica de Galicia (CRAEGA)” (Orden del 7 de mayo de 1997, por el que se regula la producción agrícola ecológica y su indicación en el ámbito de la comunidad autónoma de Galicia y se crea el Consejo Regulador da Agricultura Ecológica de Galicia).

El que la finca o industria donde se ha producido o elaborado el producto, esté sometida a los controles e inspecciones correspondientes de la Autoridad o del Organismo establecido al efecto en la respectiva Comunidad Autónoma, constituye la

garantía oficial de que el producto responde a la calidad supuesta por el consumidor y cumple las normas establecidas en el Reglamento (CE) 834/2007 y sus disposiciones de aplicación.

El control y certificación conlleva que el consumidor pueda reconocer los productos ecológicos mediante una serie de distintivos en el envase que permite diferenciarlos de los alimentos procedentes de la producción agrícola convencional.

A nivel europeo hay un distintivo único que viene establecido en el Reglamento (UE) 271/2010 de 24 de marzo de 2010, pero a nivel estatal hay varios distintivos que representan la producción agrícola ecológica, uno de España común a todas las comunidades autónomas y un distintivo propio de cada comunidad.

Así, todas las unidades envasadas, además de su propia marca y alguna de las menciones específicas de la agricultura ecológica (etiquetado regulado por el Reglamento (CE) 66/2010 de 25 de noviembre de 2009), deben llevar impreso el logo específico del organismo de control pero también es obligatorio llevar impreso el logo comunitario.

En las figuras 18 y 19 están representados el logotipo de la agricultura ecológica a nivel europeo, el logo a nivel estatal y el logo de la Comunidad Autónoma de Galicia.



Figura 18. Logotipo de agricultura ecológica de la Unión Europea



Figura 19. Logotipos de agricultura ecológica de España y Galicia

Respecto a los canales comerciales, a diferencia de los productos convencionales que se pueden encontrar en cualquier punto de distribución, los productos ecológicos están presentes principalmente en tiendas de dietética y herboristería donde se inició su distribución por encontrarse en grandes núcleos urbanos, en tiendas de proximidad de reducido tamaño y en ferias y mercados. Aunque esta tendencia ha cambiando en los últimos años, ya que las grandes superficies incorporan cada vez más cantidad de alimentos ecológicos en sus lineales debido al creciente interés por parte de la población en este tipo de productos.

1.1.4 Producción ecológica vs. convencional

Las frutas frescas y los vegetales son de vital importancia para el sector ecológico, ya que suelen ser los productos por los que el consumidor inicia el consumo de productos ecológicos (*Pearson, 2011*).

Mediante la interacción del hombre en los agro-ecosistemas se ha conseguido aumentar la producción de alimentos pero este aumento en la producción puede traer consigo reducciones en su calidad, degradación, contaminación y agotamiento de los recursos naturales (*De Backer y col., 2009*).

En este sentido, los entes relacionados con el sector agroalimentario: agricultores, fabricantes, distribuidores y consumidores, son cada vez más conscientes de los impactos medioambientales causados por la producción agrícola y del hecho de que el presente modelo de consumo de alimentos no es sostenible a largo plazo.

Son numerosas las publicaciones existentes sobre las ventajas de un modelo de producción u otro, basadas en este aspecto medioambiental.

Algunos autores afirman que durante las últimas décadas la intensificación agrícola ha llevado a tener una disminución importante en la riqueza de especies y a un cambio en la composición de las plantas salvajes que cohabitan con las cosechas en los campos. Como causantes de esta reducción de biodiversidad agrícola, destacan el empleo de herbicidas, el aumento del uso de fertilizantes, las simplificaciones en la rotación de los cultivos, el monocultivo y la selección de las semillas. Para reducir esta disminución en la diversidad biológica, numerosas fuentes plantean reducir el uso de agroquímicos y la promoción de la agricultura ecológica (*Stolze y col., 2000; Rigby y Cáceres, 2001; Gabriel y col., 2006; Gibson y col., 2007; López, 2009; Mondelaers y col., 2009; Lopes y col., 2011*).

Pimentel y col. (2005) destacan como ventajas de la producción ecológica en contraposición con la convencional, que los suelos tienen un contenido en materia

orgánica y nitrógeno más altos, se consiguen producciones similares a los sistemas convencionales, y una mayor conservación de la humedad del suelo y reservas de agua, ventajoso, sobre todo, en condiciones de sequía. A similares conclusiones llegan *Surekha y col.* (2010) en su estudio sobre el cultivo del arroz.

López (2009) evalúa la sostenibilidad ambiental de la agricultura ecológica y convencional de fresa en California, basándose en la calidad de suelo y en la salud de la planta. Esta autora concluye que, aunque la producción en ecológico tiene en cuenta una sostenibilidad más alta que la producción en convencional, las diferencias entre ambas no son tan altas. Además los niveles obtenidos en el suelo de N, P y K son muy próximos aunque en la producción en ecológico se obtengan valores de pH más adecuados. Otros autores que llegan a conclusiones similares son *Mondelaers y col.* (2009).

De Backer y col. (2009) evalúan la sostenibilidad de la producción de puerro convencional frente a ecológico mediante la evaluación del ciclo de vida (LCA) llegando a la conclusión de que la agricultura orgánica ofrece más ventajas de tipo ambiental aunque estas ventajas totales disminuyen cuando se tiene en cuenta que el rendimiento en sistemas ecológicos es inferior. Consideran importante entonces, encontrar soluciones para aumentar las producciones en agricultura ecológica y conseguir una capacidad autosuficiente y en agricultura convencional encontrar mejoras ambientales reduciendo el empleo de pesticidas.

Fuentes y col. (2010), en su estudio sobre cultivos de trigo y maíz, publican que la agricultura de conservación (refiriéndose a un sistema de conservación como el sistema que incluye, una reducción seria de movimiento de suelo; la preservación de una cubierta semipermanente orgánica y la rotación económicamente viable de las cosechas) podría tener el potencial para aumentar en el suelo el contenido en carbono orgánico comparándolo con los sistemas basados en el cultivo convencional. En este mismo sentido, *Kong y col.* (2011) determinan los efectos a largo plazo de la agricultura convencional en comparación con la ecológica en un estudio sobre maíz y tomate y llegan a la misma conclusión.

Además de la importancia de las razones ambientales (contaminación del suelo y ecosistema con productos agroquímicos, disminución de la diversidad biológica agrícola,...), la decisión de iniciar la producción agrícola ecológica se puede llevar a cabo por otros factores, incluyendo, el deseo de aumentar el rendimiento de los sistemas agrícolas tradicionales sin el uso de costosos insumos externos y los motivos relacionados con la salud (evitar la manipulación de agroquímicos por los trabajadores

del campo, evitar residuos de plaguicidas,...) y la calidad nutricional de los alimentos obtenidos.

Relacionado con la salud del consumidor, *Stolze y col.*, (2000) y *Smith y col.*, (2012) indican, a partir de resultados de diferentes estudios, que no se pueden obtener conclusiones claras sobre la calidad de los alimentos ecológicos, en general, si bien el riesgo de contaminación con pesticidas y nitratos, en alimentos ecológicos es menor. Respecto al contenido en micotoxinas, metales pesados y PCBs no hay diferencias significativas demostrables entre ambos tipos de productos.

Gráficamente (Figura 20) se puede evaluar el impacto de estos parámetros de contaminación comparando la agricultura ecológica con la convencional (*Stolze y col.*, 2000):

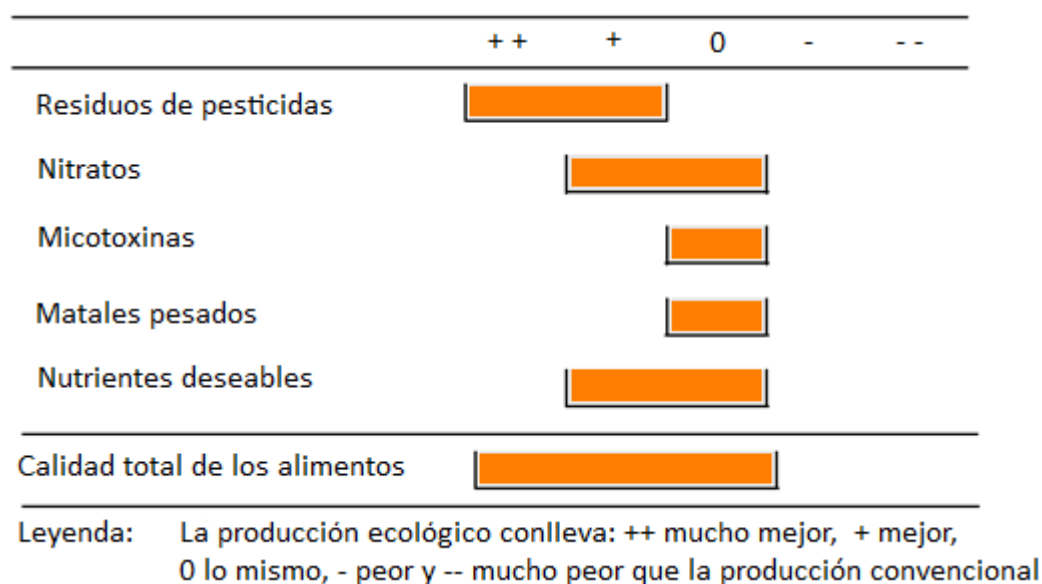


Figura 20. Parámetros de contaminación de la agricultura ecológica en comparación con la producción convencional (Adaptada de *Stolze y col.*, 2000)

Sin embargo *Simón y col.* (2002) y *García* (2007) indican que los trabajos de investigación existentes, permiten nombrar tres importantes diferencias en la calidad nutricional de los alimentos ecológicos y convencionales. La primera es que los productos ecológicos suelen tener más materia seca y menos agua. En segundo lugar, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados suele estar acompañado de pérdida en la calidad de las proteínas de los productos obtenidos provocando, al mismo tiempo, el incremento del nitrógeno y los aminoácidos no esenciales. Finalmente, se señala que los productos ecológicos contienen mayor cantidad de minerales, vitaminas y oligoelementos. A igual conclusión llegan *Smith y col.* (2012).

Juroszek y col. (2009) en su trabajo de investigación comparan la calidad nutricional del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido a partir de agricultura ecológica y convencional, obteniendo diferencias significativas en la concentración de vitamina C y compuestos fenólicos totales. Sin embargo, no encuentran diferencias en la capacidad antioxidante ni en los parámetros de calidad como pH, sólidos solubles (°Brix), acidez y color (a/b).

Arbos y col. (2010) en su estudio concluyen que tanto lechugas como tomates obtenidos a partir de producción agrícola ecológica, presentan un mayor valor energético, menor contenido en humedad (beneficios a la hora de la conservación) y mayor contenido en vitamina C.

En la revisión realizada por *Lima y Vianello* (2011) se indica que la ingesta de alimentos de origen ecológico conduce a la ingesta de un mayor contenido de compuestos fenólicos y un menor contenido de nitratos y pesticidas.

Ordóñez-Santos y col. (2011) concluyen que bajo condiciones de fertilidad adecuada, los cultivos orgánicos y convencionales en la producción de tomate tienen un contenido equivalente de fitonutrientes.

Crecente-Campo y col. (2012) en su estudio sobre la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva) encuentran diferencias significativas entre el cultivo ecológico y convencional en cuanto al color y el contenido en antocianinas y ácido ascórbico (la fresa ecológica es la que presenta un mayor contenido). Sin embargo, indican que el sistema de cultivo no tiene influencia en el contenido en compuestos fenólicos totales.

Respecto a la calidad sensorial, algunos investigadores sugieren la superioridad de los productos ecológicos (*Lima y Vianello*, 2011). En este sentido *Ordóñez-Santos y col.* (2009) comparan las características sensoriales del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado por ambos sistemas de cultivo, obteniendo diferencias significativas en variables sensoriales como el color externo e interno, la intensidad en el olor externo y la persistencia del flavor.

En contraposición, *Flores y col.* (2009) evalúan las diferencias en la composición mineral y la calidad sensorial del pimiento (*Capsicum annuum* L. cv. Quito) cultivados de forma ecológica y convencional, obteniendo que el beneficio de los pimientos cultivados ecológicamente reside en la ausencia de residuos de plaguicidas. Indican que la temporada de cosecha puede afectar a la composición y calidad del fruto en mayor medida que los sistemas de cultivo.

Gilsenan y col. (2010) estudian las características sensoriales en patata (*Solanum tuberosum*) encontrando que la patata cultivada de forma ecológica tiene un sabor más intenso, es más adherente y tiene un menor contenido en humedad. Sin embargo, no encuentran diferencias significativas entre las muestras de patata ecológica y convencional, en atributos sensoriales como aspecto y aroma.

Otra importante razón, que determina la decisión de los agricultores de iniciar la producción agrícola ecológica, es el deseo de tener acceso al nicho de mercado para los productos ecológicos, en el que los productos en general, generan un incremento de precio (FAO, 2010).

Para que el consumidor medio esté dispuesto a pagar el sobre-precio de los productos ecológicos se deben llevar a cabo acciones divulgativas que den a conocer los productos ecológicos e informen sobre sus beneficios.

El *Centro Tecnológico Agroalimentario de Lugo* (CETAL), de Galicia, publica el primer Barómetro de Percepción y Consumo de Alimentos Ecológicos en Galicia (2010). Según este estudio, el conocimiento de los productos ecológicos en Galicia por parte de los medios de comunicación presenta carencias, ya que no hay una adecuación entre el titular de la noticia y el concepto agricultura ecológica.

Un 10% de los medios audiovisuales hacen un uso incorrecto del término agricultura ecológica (productos naturales, productos verdes, “de la casa”, “de pueblo”,...), entendiendo como término correcto un sistema de producción de alimentos diferenciado del convencional conforme a unas normas técnicas establecidas, supervisadas y acreditadas ante el consumidor por el CRAEGA (Galicia). Esta cifra es aún más elevada en prensa escrita llegando a un 25% de las noticias publicadas.

Queda claro entonces, que la información es una carencia del sector ecológico en Galicia, por lo que es necesario llevar a cabo campañas de información dirigidas a los consumidores pero también a los principales entes de transmisión de la información, los medios de comunicación.

1.1.5 Organismos y entidades de interés en el ámbito de la producción agrícola ecológica

A continuación se citan algunos de los más importantes organismos, nacionales e internacionales, relacionados con la producción agrícola ecológica, en cuyas Webs, se puede consultar información actualizada sobre este tipo de producción:



- Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Ecológica
[<http://www.ifoam.org/>]



- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
[<http://www.fao.org/organicag/es/>]



- Consello Regulador da Agricultura Ecolóxica de Galicia (CRAEGA)
[<http://www.craega.es/#>]



- Sociedad Española de Agricultura Ecológica
[<http://www.agroecologia.net/>]



- Agencia francesa Bio
[<http://www.agencebio.org/>]



Portal Alemán de Agricultura Ecológica
[<http://www.oekolandbau.de/>]



Fundación Gondwana para el Desarrollo Sostenible
[www.fundaciongondwana.es]



Asociación Ecológica Internacional [<http://www.ecologica.mobi/>]



Portal sobre el desarrollo de la Producción Ecológica certificada
[<http://www.caae.es/>]



- Instituto de Investigación Suizo de Agricultura Ecológica
[<http://www.fibl.org/>]



- Fundación de Ecología y Agricultura de Dinamarca, Stiftung
Ökologie & Landbau; [<http://www.soel.de/>]



Capítulo I

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS



Los objetivos específicos con los que se plantea el capítulo I son:

- Evaluar el conocimiento por parte de los consumidores de los productos ecológicos.
- Evaluar los hábitos y actitudes de compra del consumidor hacia los productos procedentes de la agricultura ecológica.
- Determinar el grado de aceptación, por parte del consumidor, de tres productos vegetales: fresa, tomate y kiwi procedentes de dos sistemas de cultivo (ecológico y convencional).
- Conocer la preferencia del consumidor entre el producto ecológico (fresa, tomate y kiwi) y el convencional.
- Determinar la influencia del sistema de cultivo (ecológico y convencional) sobre las características sensoriales, evaluadas por un panel de catadores entrenados, de los tres productos vegetales (fresa, tomate y kiwi).







Capítulo I

3. MATERIAL Y MÉTODOS



3.1 MUESTRAS

Para el estudio de la influencia del sistema de cultivo, se emplean tres productos vegetales, fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. cv Selva), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv Antillas) y kiwi (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward), todos ellos procedentes de dos sistemas de cultivo (ecológico y convencional).

Los frutos ecológicos son producidos de acuerdo a los requerimientos y controles del Consejo Regulador de Agricultura Ecológica de Galicia (CRAEGA), ente responsable de aplicar los Sistemas de Control establecidos en el *Reglamento (CE) 834/2007* para este tipo de cultivo, y los frutos convencionales (fresa, tomate y kiwi), son producidos bajo los criterios establecidos por las normas *UNE 155113:2012*, *UNE 115102:2012* y *UNE 155209:2012*, respectivamente.

En todos los casos, las muestras obtenidas mediante cultivo convencional y ecológico proceden de la misma zona de producción, a fin de que única diferencia entre ellas sea el sistema de cultivo.

En las tablas 7 y 8 se exponen las condiciones de cultivo, convencional y ecológico, de la fresa y el tomate respectivamente. Estos productos proceden de Ribadeo (Lugo).

Tabla 7. Condiciones de cultivo de la fresa convencional y ecológica

	Fresa convencional	Fresa ecológica
Tipo de suelo	• Arcilloso	• Arcilloso
Fertilización	<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de vaca (1,4 : 1,5 : 1,5; 30.000 kg ha⁻¹) N: 150 kg ha⁻¹ K₂O: 150 kg ha⁻¹ P₂O₅: 10 kg ha⁻¹ MgO: 2 kg ha⁻¹ Ca: 3 kg ha⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Estiércol de vaca (1,4 : 1,5; 1,5 ; 30.000 kg ha⁻¹)
Control de plagas	<ul style="list-style-type: none"> • Abamectina (0,1%) 1 kg ha⁻¹ • Ridomil® (0,4%) 2 kg ha⁻¹ • Switch® (0,1%) 1,2 kg ha⁻¹ • Triadimenol (0,05%) 1 kg ha⁻¹ • Fenhexamida (0,2%) 1,5 kg ha⁻¹ en el fruto. • Procimidona (0,1%) 1 kg ha⁻¹ • Clortalonil (0,25%) 2 kg ha⁻¹ en el fruto. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Beauveria bassiana</i> (10¹² esporas/ha) y jabón suave (rociado como una solución acuosa 2 kg L⁻¹) • Hidróxido de cobre (1,73 kg ha⁻¹) • Azufre (33 kg ha⁻¹)
Riego	• Riego por goteo	• Riego por goteo

Tabla 8. Condiciones de cultivo del tomate convencional y ecológico

	Tomate convencional	Tomate ecológico
Tipo de suelo	• Franco-limosa	• Franco-limosa
Fertilización	• 8–24–16 NPK (800 kg ha ⁻¹) y KNO ₃ (80 kg ha ⁻¹) aplicado antes de la siembra.	• Compost (0,6 : 0,7 : 0,7 NPK, 5200 kg ha ⁻¹) ^b • Estiércol de caballo (1,7 : 1,8 : 1,8 NPK, 3000 kg ha ⁻¹) ^b • Estiércol de oveja (1,4 : 0,5 : 1,2, NPK, 50 kg ha ⁻¹) ^b
Control de plagas	• Buprofezin (0,8 kg ha ⁻¹) • Pymetrozine (0,8 kg ha ⁻¹) • Cobre (1,73 kg ha ⁻¹) • Azufre (43 kg ha ⁻¹)	• <i>Beauveria bassiana</i> (10 ¹² esporas/ha) y jabón suave (rociado como una solución acuosa 2 kg L ⁻¹). • Hidróxido de cobre (1,73 kg ha ⁻¹). • Azufre (33 kg ha ⁻¹)
Riego	• Riego por goteo	• Riego por goteo

^b Composición media según *García-Sans* (1997) y *Castillo y col.* (2000)

Las muestras de kiwi (A. deliciosa, Hayward), procedentes de los cultivos convencional y ecológico, fueron recogidas en O Rosal (Pontevedra). En la tabla 9 se resumen las condiciones de cultivo del kiwi convencional y ecológico.

Tabla 9. Condiciones de cultivo del kiwi convencional y ecológico

	Kiwi convencional	Kiwi ecológico
Tipo de suelo	• Arenoso	• Arenoso
Fertilización	• Cianamida de hidrógeno • Nitrato de potasa, magnesio y calcio • Fosfato monoamónico • Sulfato potásico • Óxido de calcio	• Abono orgánico
Control de plagas	• Glifosato	• Corte para la eliminación de malas hierbas.
Riego	• Microaspersión	• Microaspersión

Todas las muestras de origen ecológico fueron suministradas a través del CRAEGA, entidad responsable de aplicar el régimen de control e inspección en los productos de origen ecológico en la Comunidad Autónoma de Galicia.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Análisis sensorial (con catadores entrenados)

- **Panel de catadores**

Para realizar el análisis sensorial, la norma *UNE 87027:1998*, indica que se requiere un mínimo de seis jueces para poder tener en cuenta las diferencias entre individuos. En este trabajo, se cuenta con un panel de catadores entrenado que consta de 10 personas (5 hombres y 5 mujeres) con amplia experiencia en la evaluación sensorial de diversos productos vegetales (Figura 21).



Figura 21. Panel de catadores

- **Sala de cata**

En la medida de lo posible, se debe usar una sala de cata equipada según la Norma *UNE- EN ISO 8589:2010*.

La sala de cata utilizada está compuesta por diez cabinas idénticas e individuales para separar unos catadores de otros. Las cabinas cuentan con adecuada iluminación y, además, disponen de fregadero con grifo y escupidera (Figura 22).



Figura 22. Sala de cata, Facultad de Veterinaria - Lugo

- **Muestras**

A cada uno de los catadores, previamente entrenados, se le presentan pares de muestras, ecológica y convencional, de cada uno de los tres productos (fresa, tomate y kiwi), con el objetivo de identificar posibles diferencias entre los dos sistemas de cultivo (ecológico y convencional). Las muestras son presentadas sin identificar, únicamente codificadas con un número de tres dígitos.

- **Fichas de cata**

Previamente a la evaluación de la calidad sensorial de las muestras definitivas, se desarrollan las fichas de cata para los tres productos estudiados fresa, tomate y kiwi (Figuras 23, 24 y 25).

El desarrollo de las fichas se realiza siguiendo la metodología descrita en la norma *UNE 87027:1998*, reuniéndose el panel de catadores una vez por semana.

A partir de muestras comerciales de los productos, se selecciona una lista de términos descriptivos para cada uno de ellos (Norma UNE-EN ISO 5492:2010). En las siguientes sesiones se seleccionan los términos más apropiados para la evaluación de la calidad sensorial, utilizando técnicas estadísticas como media geométrica, análisis de componentes principales y correlaciones. Una vez seleccionados los términos, se elige el tipo de escala, los productos de referencia a utilizar en la escala para cada descriptor y la forma de evaluación de cada uno de ellos.

Por último, antes de recibir las muestras definitivas se realizan cinco sesiones de entrenamiento del panel de catadores para así conseguir que el panel de cata funcione como un equipo analítico.

La ficha de cata utilizada para la evaluación de la fresa está compuesta por un total de 20 descriptores. Para la evaluación de los descriptores que se quieren cuantificar (Intensidad de color externo, dureza en mano, rugosidad externa, resistencia al corte, intensidad del color interno, intensidad olor fresa cortada, jugosidad, consistencia, sabor ácido, sabor dulce y persistencia del regusto) se seleccionan escalas no estructuradas de 10 cm. El resto de descriptores (color de las semillas, polvo, magulladuras, cortes, olor a verde, olores extraños, semillas durante la masticación, aromas extraños y semillas después de tragar) son evaluados con presencia/ausencia, y el color de las semillas es evaluado también con una escala de dos puntos amarillo/dorado (Figura 23).

Para el tomate, la ficha de cata está compuesta por 12 descriptores que se evalúan con escalas no estructuradas de 10 cm (intensidad del color externo e interno, intensidad del olor externo e interno, firmeza, jugosidad, consistencia, resistencia masticación de la piel, sabor ácido, sabor dulce, sabor salado y persistencia del flavor) y 10 descriptores que se evalúan con presencia/ausencia (uniformidad del color, daños mecánicos, manchas, picotazos, puntos, enfermedad, grietas, desprendimiento de la parte viscosa, simetría de la forma interna y aromas extraños). Además se incluyen tres características para definir la forma externa del tomate (ovalada/esférica, lobulado/no lobulado y defectuoso/no defectuoso) (Figura 24).

En la ficha de cata del kiwi se incluyen 22 descriptores, 13 descriptores (intensidad del olor externo, dureza externa, abundancia de pelos, intensidad olor interno, color de la pulpa, cantidad de semillas, intensidad del flavor, sabor dulce, sabor ácido, jugosidad, consistencia, fibrosidad y astringencia) se evalúan con escalas no estructuradas de 10 cm y los 9 restantes (forma, uniformidad del color, restos vegetales en el receptáculo, manchas externas, picaduras externas, golpes/mazaduras externas, deformidades externas, olores internos extraños y golpes internos,) son evaluados con escalas de dos puntos (presencia/ausencia), excepto la forma que los puntos son alargado/achatado (Figura 25).

EVALUACIÓN DE LA FRESA

Nombre:

Fecha:

Código muestra:

ASPECTO EXTERNO

1. Intensidad de color externo:

155 u  1817 c 

2. Color de las semillas:

Amarillo ☐Dorado ☐

3. Polvo:

Ausencia ☐Presencia ☐

4. Magulladuras:

Ausencia ☐Presencia ☐

5. Cortes:

Ausencia ☐Presencia ☐

OLOR

6. A verde:

Ausencia ☐Presencia ☐

7. Olores extraños:

Ausencia ☐Presencia ☐

TACTO

8. Dureza en mano (firmeza):

Pelota colores

Pelota tenis

9. Rugosidad externa:

Gominola fresa lisa

Gominola fresa rugosa

AL CORTE

10. Resistencia al corte:

Plátano maduro

Plátano verde

11. Intensidad color interno:

155 u  1797 c 

12. Intensidad olor a fresa cortada:

Baja

Media

Alta



TEXTURA EN BOCA		
13. Jugosidad:	Plátano verde	Kiwi
14. Consistencia:	Punta espárrago	Tomate
15. Semillas durante la masticación:	Ausencia <input type="checkbox"/>	Presencia <input type="checkbox"/>
AL CORTE		
16. Sabor ácido:	0,38 g/L	1,40 g/L
17. Sabor dulce:	7,20 g/L	24 g/L
18. Aromas extraños:	Ausencia <input type="checkbox"/>	Presencia <input type="checkbox"/>
19. Persistencia del regusto (30''):	Corta	Media
20. Semillas después de tragar:	Ausencia <input type="checkbox"/>	Presencia <input type="checkbox"/>

Figura 23. Ficha de cata para la evaluación de la calidad sensorial de la fresa

EVALUACIÓN DEL TOMATE

Nombre:

Fecha:

Código muestra:

1. Intensidad del color externo: puntos extremos y medio de la fotografía



- Rojo

+ Rojo

2. Uniformidad del color: Ausencia (No uniforme) ☐ Presencia (Uniforme) ☐

3. Forma: (imprescindible marcar en todas las filas y en cualquiera de las dos columnas)

Ovalado ☐Esférico ☐Lobulado ☐No lobulado ☐Defectuoso ☐No defectuoso ☐4. Daños mecánicos: Ausencia ☐ Presencia ☐5. Manchas: Ausencia ☐ Presencia ☐6. Picotazos: Ausencia ☐ Presencia ☐8. Enfermedad: Ausencia ☐ Presencia ☐9. Grietas: Ausencia ☐ Presencia ☐

10. Intensidad del olor:

Débil

Elevada

11. Firmeza: Poner el tomate entre los dedos y palma de la mano con la parte inferior hacia arriba.

Pelota verde

Pelota de tenis

12. Intensidad del olor: Partir el tomate por la mitad en sentido vertical.

Débil

Elevada



13. Intensidad del color interno: puntos extremos y medio de la fotografía.



- Rojo

+ Rojo

14. Desprendimiento de la parte viscosa: Tomate partido en 4 trozos y sin apretar.

Ausencia (no se desprende) ☐

Presencia (se desprende) ☐

15. Simetría de la forma interna:

Ausencia (no simétrico) ☐

Presencia (simétrico) ☐

Textura en boca:

Se toma la mitad de $\frac{1}{4}$ del tomate, intentando que tenga parte viscosa por ambos lados, y se mastica de 3 a 4 veces.

16. Jugosidad: Manzana Reineta Sandía

17. Consistencia: Melocotón Golden Pera Conferencia (verde)

18. Resistencia masticación piel:

Pera Conferencia

Manzana Royal Gala

Flavor:

19. Ácido: Débil Elevada

20. Dulce: Débil Elevada

21. Salado: Media

22. Persistencia: Baja ($\downarrow 20''$) Media ($\approx 30''$) Alta ($\uparrow 60''$)

23. Aromas extraños: Ausencia ☐ Presencia ☐

Figura 24. Ficha de cata para la evaluación de la calidad sensorial del tomate

EVALUACIÓN DEL KIWI

Nombre:

Fecha:

Código muestra:

PARTE EXTERNA

1. Forma: Alargado ☐ Achatado ☐

2. Intensidad del olor externo:

3. Dureza externa: Pelota antiestrés Pelota tenis

4. Uniformidad del color externo:

Ausencia (No uniforme) ☐ Presencia (Uniforme) ☐

5. Abundancia de pelos:

Escaso Moderado Alto

6. Restos vegetales en el receptáculo: Ausencia ☐ Presencia ☐7. Manchas externas: Ausencia ☐ Presencia ☐8. Picaduras externas: Ausencia ☐ Presencia ☐9. Golpes, mazaduras externas: Ausencia ☐ Presencia ☐10. Deformidades externas: Ausencia ☐ Presencia ☐

CORTE A LA MITAD

11. Intensidad olor interno:

12. Olores internos extraños: Ausencia ☐ Presencia ☐13. Golpes internos: Ausencia ☐ Presencia ☐

14. Color de la pulpa:

373 c  575 c 



15. Cantidad de semillas:	Ninguna	1 fila	2 filas	3 filas
<hr/>				
EN BOCA				
16. Intensidad flavor:	<hr/>			
17. Sabor dulce:	7,20 g/L			24 g/L
18. Sabor ácido:	0,38g/L			1,40 g/L
19. Jugosidad:	<hr/>			
	Manzana Granny			
20. Consistencia:	Plátano maduro			Plátano verde
21. Fibrosidad:	Melocotón			Piña
22. Astringencia:	0,25g/L			0,40 g/L

Figura 25. Ficha de cata para la evaluación de la calidad sensorial del kiwi

3.2.2 Estudio de consumidores

- **Consumidores**

Las personas entrevistadas son seleccionadas en varios establecimientos comerciales de la ciudad de Lugo. La muestra resultante está compuesta por 625 personas de distinto sexo, edad, nivel de estudios, situación laboral y residentes en la ciudad de Lugo (*Stone y Sidel, 2004; Moskowitz y col., 2006*).

- **Muestras**

La presentación de las muestras a los consumidores se hace en platos de plástico blancos en los que se colocan fresas, tomates o kiwis listos para su consumo. Las muestras procedentes de los dos sistemas de cultivo se presentan de forma aleatoria, codificadas con números de tres cifras, es decir, el consumidor desconoce el origen de las muestras (ecológico o convencional). A los consumidores, en el caso del tomate y kiwi, también se les muestra el fruto entero, sin pelar, para poder evaluar su aspecto.

- **Cuestionario**

La recogida de información se lleva a cabo mediante la entrevista personal de los consumidores empleándose para ello un cuestionario previamente diseñado y validado (Figura 26).

El cuestionario está compuesto por dos partes (A y B). En la parte A, se recogen datos sobre el consumo de productos vegetales y ecológicos y las características sociodemográficas de los consumidores. En la parte B, se recogen datos sobre la valoración sensorial de las muestras de fresa, tomate o kiwi.

La parte A está compuesta por 15 preguntas directas, la mayoría de ellas cerradas. Sin embargo, se dejan algunas preguntas abiertas para conocer de forma más detallada la opinión de los consumidores respecto a la percepción de los productos ecológicos. Ésta primera parte está subdividida en tres bloques de preguntas:

1. Evaluación de los hábitos de compra y de frecuencia de consumo de productos vegetales.
2. Identificación del conocimiento por parte del consumidor de los alimentos ecológicos y valoración de la actitud de compra hacia ellos.
3. Caracterización de la muestra objeto del estudio de acuerdo con sus características sociodemográficas

En la parte B del cuestionario se pretende evaluar la aceptación y preferencia de los consumidores hacia fresas, tomates y kiwis, obtenidos por los dos sistemas de cultivo (ecológico y convencional).

Para establecer el grado de aceptación de los productos se puntúan seis atributos sensoriales: aspecto, color, olor, sabor, textura y el producto en global, utilizando una escala hedónica de siete puntos (1- me disgusta mucho; 4- ni me gusta ni me disgusta y 7- me gusta mucho).

Para determinar la preferencia de un producto u otro, se pide al consumidor, que diga cuál de los dos productos prefiere.

PARTE A

ENCUESTA SOBRE CONSUMO DE PRODUCTOS VEGETALES

1.- Frecuencia de compra de productos vegetales:

- ☐ No compra
- ☐ Diariamente
- ☐ 1-3 veces por semana
- ☐ Quincenalmente
- ☐ Ocasionalmente

2.- Lugar de abastecimiento principal de productos vegetales:

- ☐ Producción familiar
- ☐ Supermercado
- ☐ Hipermercado
- ☐ Tiendas especializadas (fruterías / mercados, ...)

3.- ¿Sabe lo que son los alimentos procedentes de la agricultura ecológica?

- ☐ Si
- ☐ No

4.- ¿Compra productos procedentes de la agricultura ecológica?

- ☐ No

Indique el motivo principal de por qué no los compra

- ☐ Por su aspecto
- ☐ Son muy caros
- ☐ Son difíciles de encontrar
- ☐ No tengo la certeza de que sean realmente ecológicos
- ☐ Prefiero los productos convencionales
- ☐ No los conozco suficientemente
- ☐ Ns/Nc
- ☐ Otras razones
- ☐ Si
 - ☐ Diariamente

- ☐ 1-3 veces por semana
- ☐ Quincenalmente
- ☐ Ocasionalmente

si ha respondido **NO** continúe en la pregunta 8.

si ha respondido **SI** continúe hasta el final del cuestionario

5.- Indique el motivo principal de porqué compra alimentos ecológicos

- ☐ Son más caros
- ☐ Son más respetuosos con el medio ambiente
- ☐ Tienen mejor sabor
- ☐ Son una novedad
- ☐ Ns/Nc
- ☐ Otras razones

6.- ¿Qué tipo de producto ecológico compra con mayor frecuencia?

- ☐ Frutas y/o verduras frescas
- ☐ Productos vegetales procesados (mermeladas, salsas, conservas,...)
- ☐ Carne
- ☐ Leche y/o productos lácteos
- ☐ Huevos
- ☐ Otros

7.- Forma de abastecimiento principal de productos ecológicos

- ☐ Supermercado
- ☐ Hipermercado
- ☐ Frutería
- ☐ Tiendas especializadas (herboristerías, tiendas de comercio justo,...)
- ☐ Compra directa a productores y/o cooperativas

8.- Sexo:

- ☐ Hombre
- ☐ Mujer

9.- Edad:

- ☐ < 35 años
- ☐ 35-49 años
- ☐ 50-64 años
- ☐ ≥65 años

10.- Nivel de estudios

- ☐ Sin estudios
- ☐ Educación básica
- ☐ Educación secundaria (BACH/FP)
- ☐ Estudios superiores

11.- Situación laboral

- ☐ Estudiante
- ☐ Ama de casa
- ☐ En Activo
- ☐ Jubilado
- ☐ En paro

12.- N° personas que viven en su hogar (incluyéndose usted):

- ☐ Una
- ☐ Dos
- ☐ Tres
- ☐ Cuatro o más de cuatro

13.- N° personas que perciben ingresos en su hogar (incluyéndose usted):

- ☐ Una
- ☐ Dos
- ☐ Tres
- ☐ Cuatro o más de cuatro
- ☐

14.- Si suponemos un nivel de ingresos medios por hogar de 1700 €, indique si está:

- ☐ Por debajo
- ☐ Alrededor de la media
- ☐ Por encima
- ☐ Muy por encima
- ☐

15.- ¿Es usted el responsable de la compra en su hogar?

- ☐ Si
- ☐ No

PARTE B

Pruebe el producto que se le presenta y siguiendo la escala que se le muestra a continuación, señale con una cruz los atributos respectivos:

Código de la muestra: 035	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho					
Me disgusta					
Me disgusta ligeramente					
Ni me gusta ni me disgusta					
Me gusta ligeramente					
Me gusta					
Me gusta mucho					

En general, siguiendo el criterio anterior, indique ¿Cuánto le gusta el producto globalmente?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta	Me gusta mucho

Observaciones:

Código de la muestra: 043	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura
Me disgusta mucho					
Me disgusta					
Me disgusta ligeramente					
Ni me gusta ni me disgusta					
Me gusta ligeramente					
Me gusta					
Me gusta mucho					

En general, siguiendo el criterio anterior, indique ¿Cuánto le gusta el producto globalmente?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta	Me gusta mucho

Observaciones:

Finalmente, indique cual de los dos productos que ha probado prefiere:

☐ 035

☐ 043

Figura 26. Cuestionario para la evaluación hedónica de fresa, tomate y kiwi

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la interpretación de los resultados se lleva a cabo un análisis exploratorio de datos, calculando porcentajes y realizando las representaciones gráficas. Para analizar la asociación entre variables, se emplea el test Chi-cuadrado de Pearson (*Moskowitz y col.*, 2006; *Bower*, 2009; *Gacula y col.*, 2009).

El análisis estadístico de la parte B del cuestionario (evaluación sensorial hedónica) se realiza independientemente para cada producto, fresa, tomate y kiwi.

La aceptación de los productos procedentes de los dos tipos de cultivo (ecológico y convencional) por parte del consumidor, es analizada mediante el cálculo de porcentajes de las evaluaciones en cuanto al aspecto, color, olor, sabor, textura y producto global en una escala de siete puntos (*Batra y Ahtola*, 1990; *Lutz y col.*, 2008; *Alves y col.*, 2009). La correlación entre descriptores, se analiza, empleando para ello el coeficiente de Spearman.

Para analizar si existen diferencias significativas entre los productos procedentes de los dos tipos de cultivo en cuanto al aspecto, color, olor, sabor, textura y valoración global, se aplica la prueba de Wilcoxon (dos muestras relacionadas) (*Moskowitz y col.*, 2006; *Gacula y col.*, 2009).

La preferencia por parte del consumidor entre las dos muestras presentadas es evaluada analizando si existen diferencias significativas entre porcentajes mediante el test Chi-cuadrado y comprobando si existen diferencias significativas en la aceptación según la preferencia de los consumidores mediante la prueba U de Mann-Whitney (*Moskowitz y col.*, 2006; *Gacula y col.*, 2009).

En cuanto a los resultados obtenidos a partir de las valoraciones de las características sensoriales por parte de los catadores, se analizan de forma independiente para cada producto evaluado, fresa, tomate y kiwi.

En las variables sensoriales de escalas no estructuradas de 10 cm se aplica el test t-Student para conocer si existen diferencias significativas entre la muestra ecológica y la convencional.

Asimismo, en los descriptores sensoriales con escalas de dos puntos, se aplica el test Chi-cuadrado de Pearson (*Moskowitz y col.*, 2006; *Bower*, 2009; *Gacula y col.*, 2009) que permite relacionar la presencia/ausencia de la variable estudiada en función del sistema de cultivo (ecológico y convencional).

Todos los análisis de datos citados se realizan mediante el software estadístico IBM SPSS *Statistics 20.0* para Windows.





Capítulo I

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1 CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS DE LOS ENCUESTADOS

La muestra total de consumidores encuestados se compone de 625 personas seleccionadas entre los clientes de varios centros comerciales de la ciudad de Lugo.

Por sexos, la muestra se compone de 396 mujeres (63,4%) y 229 hombres (36,6%) (Figura 27). Porcentajes similares, por sexos, aparecen en el trabajo de *Jaeger y Harker* (2005).

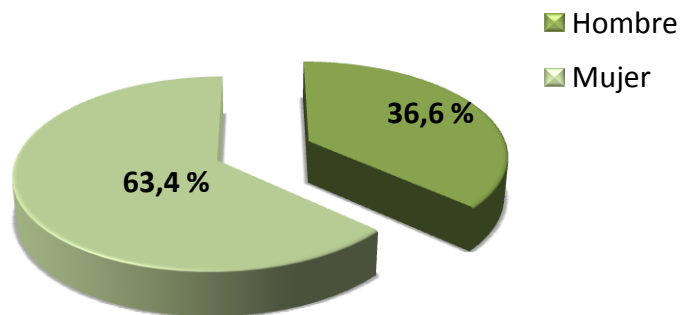


Figura 27. Distribución de los encuestados en función del sexo

En la figura 28 se representa el reparto de los consumidores por grupos de edad y en cada grupo de edad, por sexos. Se puede observar que en todos los grupos de edad predominan las mujeres, a excepción del grupo mayor de 64 años, donde el número de encuestados hombres y mujeres es equiparable.

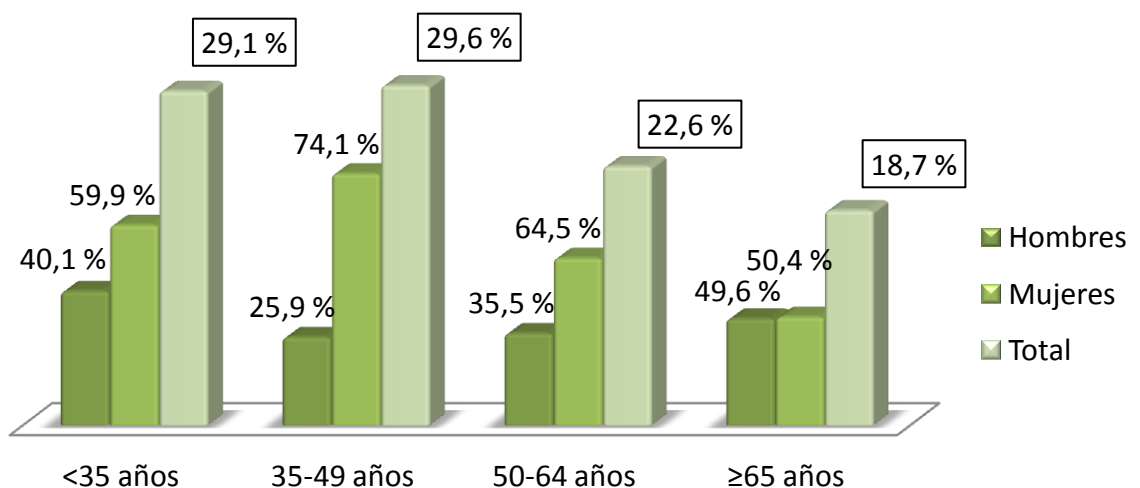


Figura 28. Distribución de los encuestados por grupos de edad y sexos

Atendiendo al nivel de estudios, se puede observar en la figura 29 que sólo un pequeño porcentaje (1,8%) son consumidores “sin estudios”. El porcentaje de encuestados con “educación primaria”, “educación secundaria” y “estudios superiores” es de 25,9, 33,8 y 38,6% respectivamente, incrementándose a medida que aumenta el nivel de estudios.

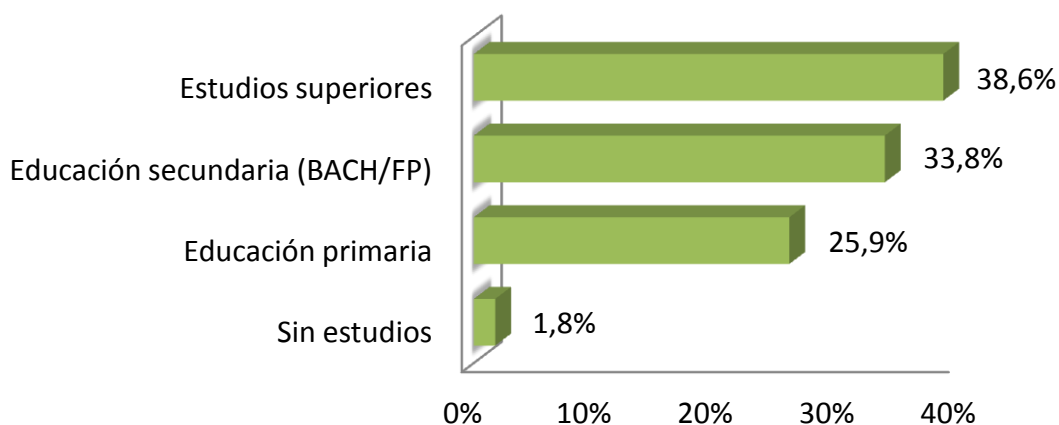


Figura 29. Nivel de estudios de los encuestados

En cuanto a la situación laboral, el 50,6% de los encuestados se encuentra en activo y el otro 50,4% de los encuestados se encuentra repartido en las demás categorías, principalmente “ama de casa” y “jubilado”, representando estas categorías el 21,3% y 16,6 %, respectivamente (Figura 30).

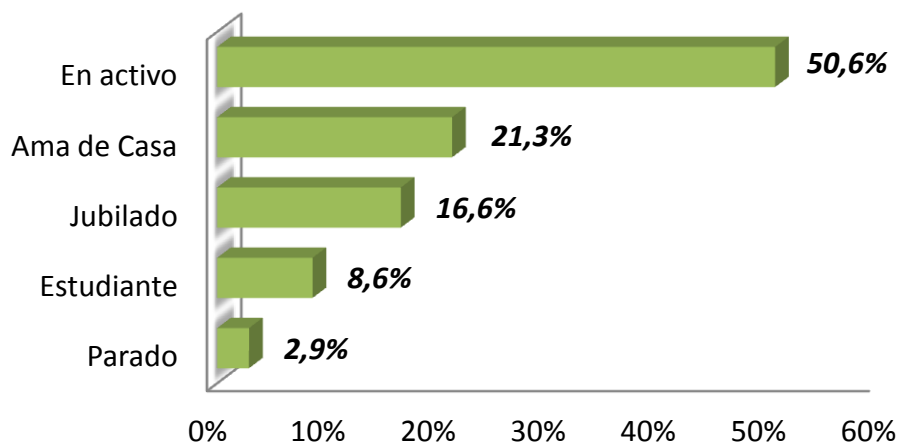


Figura 30. Situación laboral de los encuestados

Teniendo en cuenta el número de personas que viven en el hogar, sólo un 4,6% de los encuestados viven solos. Predominan los hogares compuestos por cuatro o más individuos (38,7%), seguidos de los de dos (29,8%) y tres (26,9%), respectivamente (Figura 31).

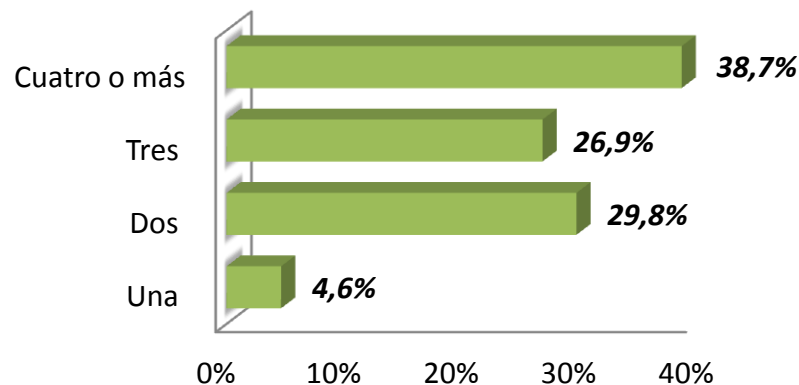


Figura 31. Tamaño de las familias de los encuestados

En relación al número de personas que perciben ingresos en el hogar (Figura 32), son casi la mitad (43,2%) los hogares con 2 personas que los perciben, seguidos por los hogares con solo una persona que lo hace (33,4%).

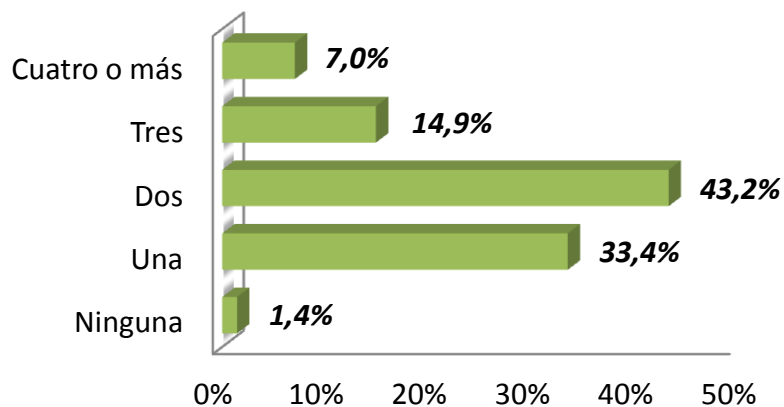


Figura 32. Número de personas que perciben ingresos en el hogar

Referente a los ingresos medios mensuales por hogar (establecidos en 1700 €/mes), en el 38,2% de los hogares de los encuestados, los ingresos medios se encuentran alrededor de la media, le siguen los que se sitúan por encima de la media representando el 33,0% de los hogares, y, finalmente, por debajo se sitúa el 20,2%. Los que declaran unos ingresos medios mensuales muy por encima de la media son minoría (8,6%) (Figura 33).

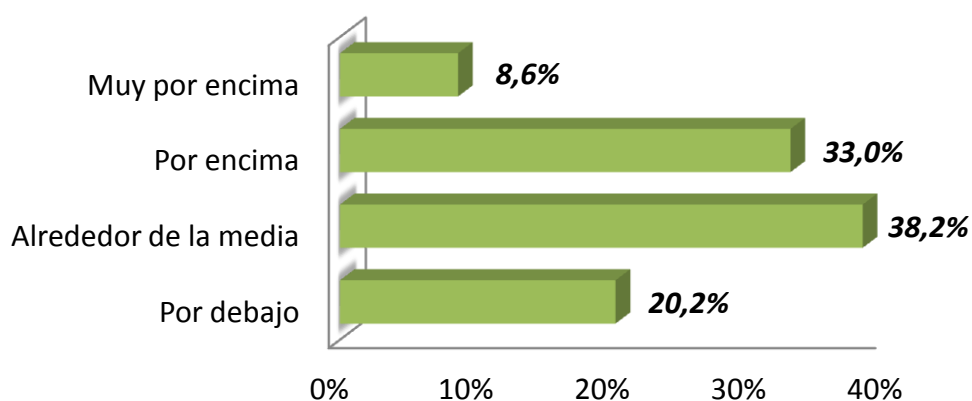


Figura 33. Ingresos medios mensuales por hogar

En cuanto a la pregunta de si son o no responsables de la compra en el hogar, de los 625 encuestados, un 63,8% son los responsables de la compra de los productos alimenticios en el hogar frente a un 36,2% que no lo son (Figura 34). Esta variable se encuentra estrechamente relacionada con la división por sexos de la muestra, tal y como se comprueba al aplicar el test Chi-cuadrado ($p \leq 0,001$). Los encuestados responsables de la compra son en su gran mayoría mujeres (86,5%).

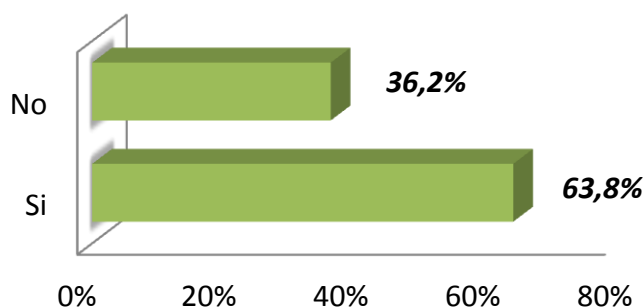


Figura 34. Responsables de la compra

4.2 CONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTOS ECOLÓGICOS

En cuanto al conocimiento de los productos ecológicos, 508 encuestados (81,3%) afirman que saben lo que son los productos ecológicos frente a 117 (18,7%) que declaran que no saben lo que son (Figura 35).

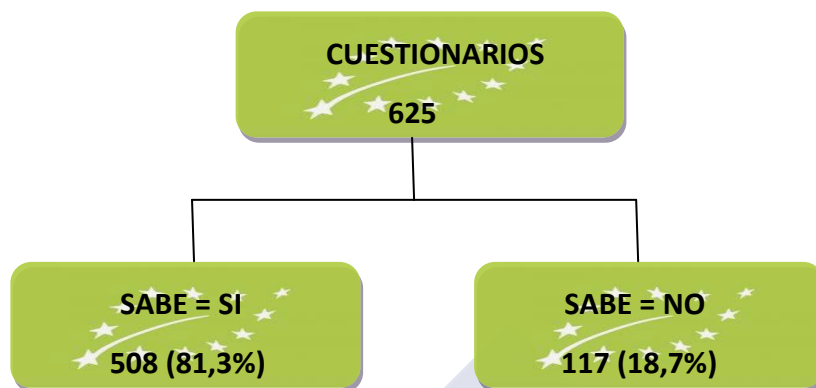


Figura 35. Clasificación de los encuestados en relación al conocimiento de los productos ecológicos

Resultados similares se obtienen en el primer Barómetro de Percepción y Consumo de Alimentos Ecológicos en Galicia (2010), donde un 76,3% de los encuestados, dicen conocer o haber oído hablar de los alimentos ecológicos. A nivel estatal, el *MAGRAMA*, indica que respecto a los resultados de 2005 y 2007, el conocimiento de los productos ecológicos aumenta (72,5% en 2005) (*CETAL*, 2010; *MAGRAMA*, 2013b).

Cabe destacar que, a nivel estatal, sólo un 11,2% de los entrevistados asocia un logotipo o sello a los productos ecológicos (12,7% en 2007 y 15,6% en 2005). La mayoría lo relacionan con una etiqueta verde (*MAGRAMA*, 2013b).

Otros autores, como *Yiridoe y col.* (2005) o *Hoefkens y col.* (2009), afirman que los consumidores no tienen una idea clara del significado de ecológico, por lo que, tal como indican *Gracia y De Magistris* (2008), se hace necesario que cuenten con más información sobre los alimentos ecológicos y así tengan mayor conocimiento sobre estos productos.

4.2.1 Relación entre características sociodemográficas y conocimiento de los productos ecológicos

Para analizar la relación entre la respuesta a la pregunta: “¿sabe qué son los alimentos procedentes de la agricultura ecológica?” y las características sociodemográficas: sexo, edad, nivel de estudios, situación laboral e ingresos medios, se aplica la prueba Chi-cuadrado de independencia. Se obtiene que el conocimiento o no de los productos ecológicos no está relacionado con el sexo de los encuestados, en cambio, si está relacionado con la edad, nivel de estudios, situación laboral e ingresos medios (Tabla 10).

Tabla 10. Resultado de la prueba Chi-cuadrado para la relación entre las características sociodemográficas de los encuestados y el conocimiento de los productos ecológicos

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	***
Nivel de estudios	***
Situación laboral	***
Ingresos medios	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En la figura 36 se observa que los encuestados que “si saben” lo que son los productos ecológicos se encuentran mayoritariamente en los grupos de edad < 35 años y entre 35-49 años, representando el 64,2% de los consumidores que “si saben”. Por el contrario, de los 117 encuestados que “no saben” qué son los productos ecológicos, el 64,9% tiene más de 50 años.

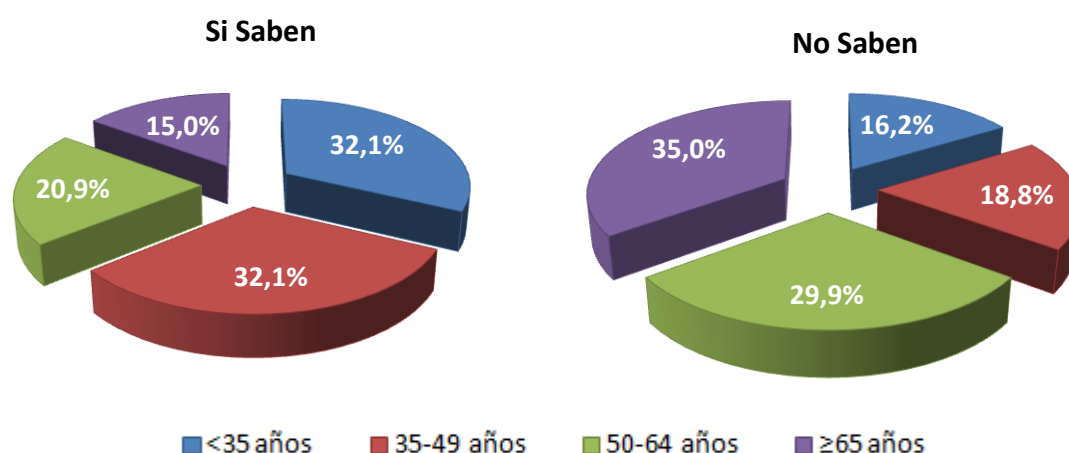


Figura 36. Relación entre la respuesta a “¿sabe que son los alimentos procedentes de la agricultura ecológica?” y la edad de los encuestados

En cuanto al nivel de estudios, el 70,1% de los encuestados que responden que “no saben” lo que son los alimentos ecológicos son personas sin estudios o con educación primaria, mientras que el 82,1% de los consumidores que responden que “si saben” poseen educación secundaria o estudios superiores (Figura 37).

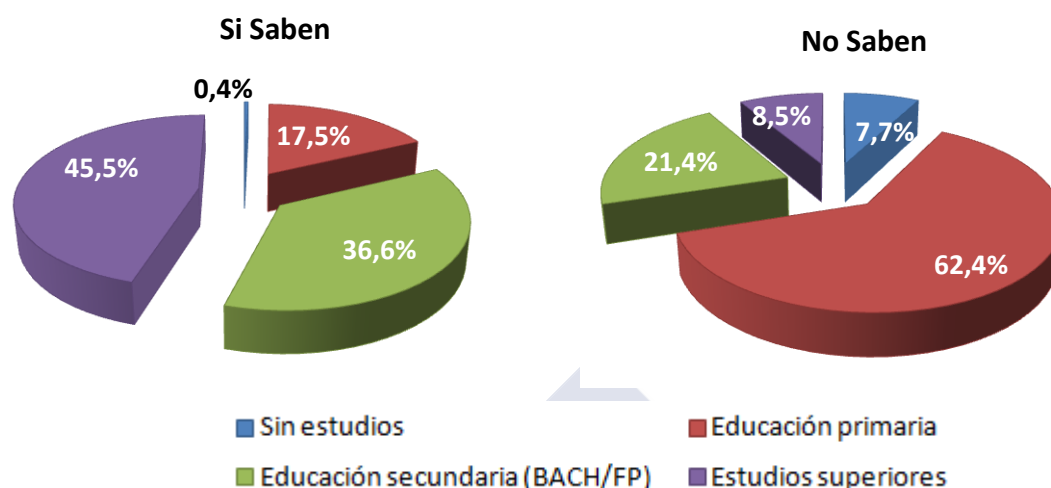


Figura 37. Relación entre la respuesta a “¿sabe que son los alimentos procedentes de la agricultura ecológica?” y el nivel de estudios de los encuestados

Relacionado con la situación laboral, el 59,0% de los encuestados que “no saben” lo que son los productos ecológicos, son “amas de casa” y “jubilados” y el 41,0%, son personas en “activo”, “estudiantes” y “parados”. Estos tres últimos grupos, “estudiantes” y “parados”, representan el 66,8% de los 508 encuestados que responden que “si saben” lo que son los productos ecológicos (Figura 38).

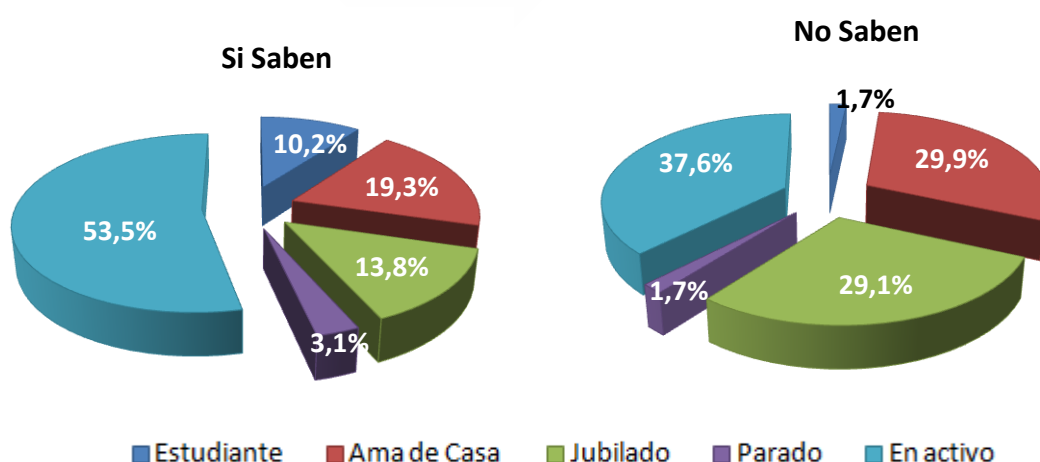


Figura 38. Relación entre la respuesta a “¿sabe que son los alimentos procedentes de la agricultura ecológica?” y la situación laboral de los encuestados

Atendiendo al nivel de ingresos en el hogar, el porcentaje de consumidores que perciben unos ingresos “por debajo” y “alrededor de la media (1700€/mes/hogar)”, es mayor entre los que dicen que “no saben” lo que son los productos ecológicos mientras que el porcentaje de personas con ingresos “por encima de la media” y “muy por encima de la media” es mayor entre los que dicen que “sí saben” (Figura 39).

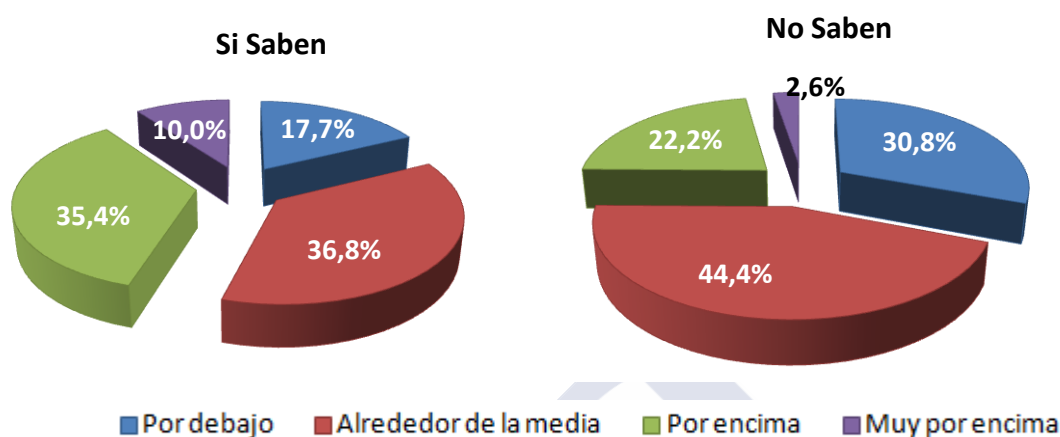


Figura 39. Relación entre la respuesta a “¿sabe que son los alimentos procedentes de la agricultura ecológica?” y los ingresos medios por hogar

Para establecer con qué categorías de edad, nivel de estudios y situación laboral se asocia el conocimiento de los productos ecológicos se lleva a cabo un análisis de correspondencias múltiple entre las cuatro variables.

El análisis de correspondencias múltiple puede entenderse como una técnica de reducción de la dimensión para variables categóricas (Meilgaard y col., 1991; Moskowitz y col., 2006).

En este caso, partiendo de cuatro características: conocimiento de productos ecológicos, edad, nivel de estudios y situación laboral se logra reducir el espacio de partida (de cuatro dimensiones) a dos dimensiones manteniendo un 93,9% de varianza explicada (54,7% para la primera dimensión y 39,2% para la segunda). La primera dimensión queda caracterizada por el nivel de estudios y la respuesta a la pregunta de ¿sabe que son los productos ecológicos?, mientras que en la segunda dimensión contribuyen además, las otras dos variables (edad y situación laboral) (Figura 40). En cuanto al nivel de estudios, para simplificar la representación gráfica, la categoría sin estudios se agrupa con la categoría educación primaria.

El diagrama de las categorías sobre las dos nuevas dimensiones refleja que el desconocimiento de los productos ecológicos corresponde, sobre todo, a personas mayores, jubilados o amas de casa y sin estudios o con educación primaria (Figura 40).

En este sentido, *Pieniak y col.* (2010) indican que, se deberían llevar a cabo campañas de información y promoción sobre los productos ecológicos para que los consumidores mejoren sus conocimientos sobre este tipo de alimentos.

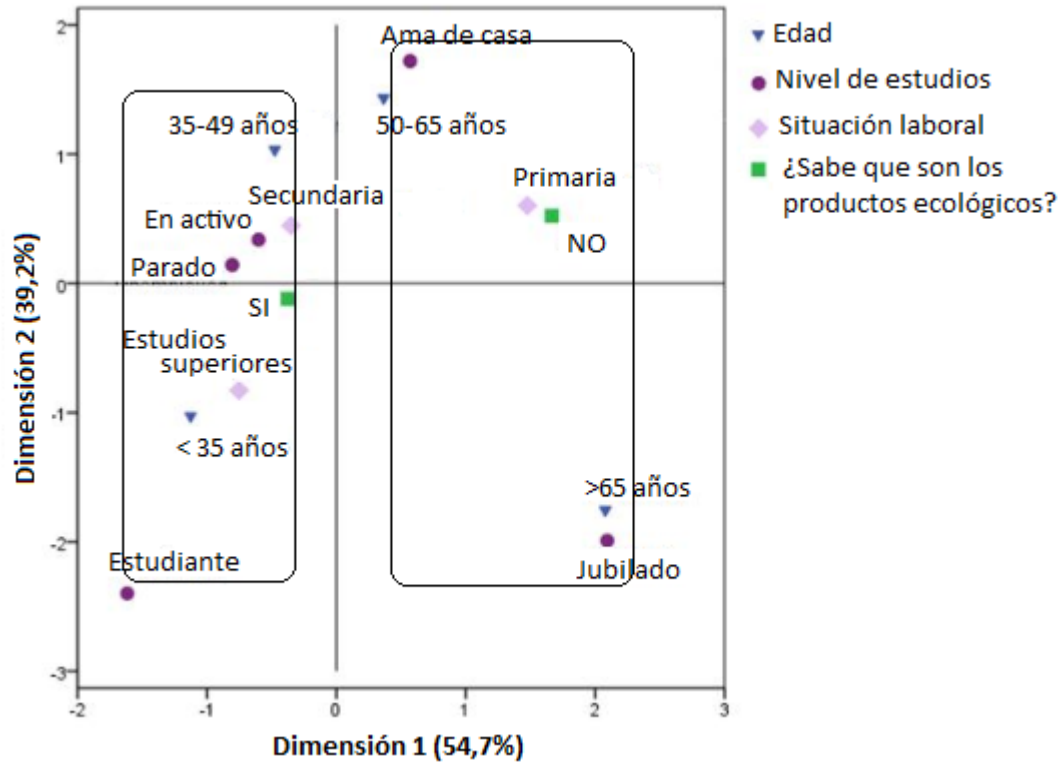


Figura 40. Análisis de correspondencias múltiple entre la edad, nivel de estudios, situación laboral y conocimiento de los productos ecológicos

4.3 ANÁLISIS DE LOS CONSUMIDORES QUE “SI SABEN” LO QUE SON LOS ALIMENTOS PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

Una vez que se conoce que parte de los encuestados respondieron “sí” a la pregunta “¿sabe lo que son los alimentos procedentes de la agricultura ecológica?”, interesa conocer cuántos de ellos los compran, resultando que de los que saben que son los productos ecológicos (508 consumidores, 81,3%), sólo los compran 126 (24,8%) (Figura 41).

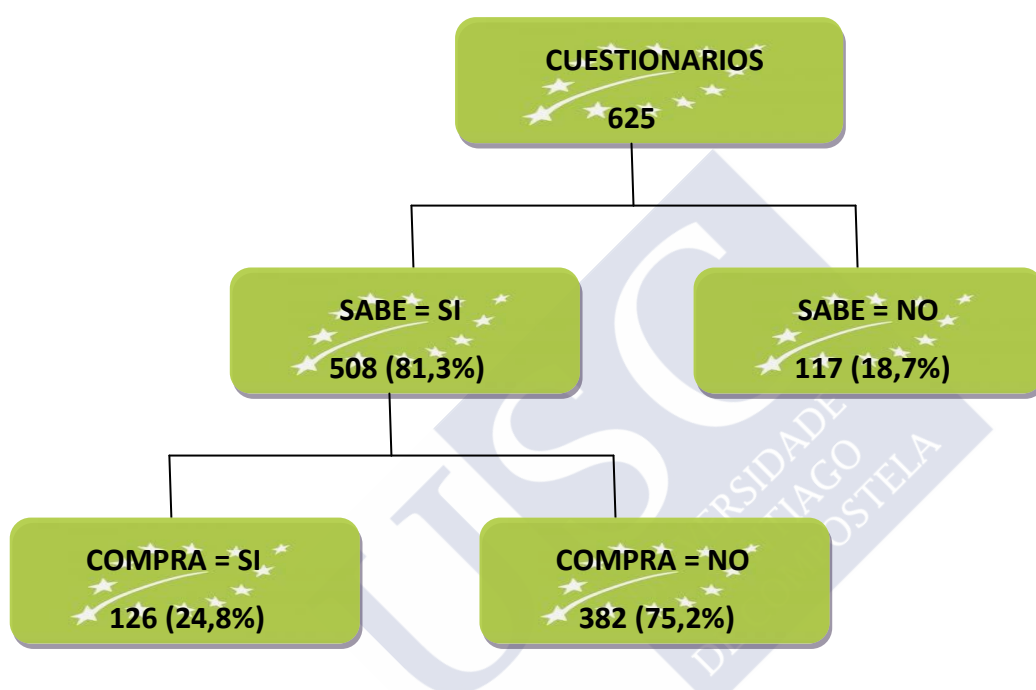


Figura 41. Clasificación de los encuestados en relación al conocimiento y compra de los productos ecológicos

A nivel estatal, en 2010, un 52,3% de los entrevistados manifiesta consumir o haber consumido alguna vez productos ecológicos (64,1 % en 2007 y 37,9% en 2005). Valores similares a los del año 2005 aporta el barómetro 2007 de la *Fundación Eroski Consumer* que sitúa esta cifra en un 39% (*Eroski Consumer*, 2007; *MAGRAMA*, 2013b).

Los datos obtenidos en el presente trabajo, reflejan unos porcentajes de no compra de productos ecológicos muy alejados de los mencionados por *Jensen y col.* (2011), quienes mencionan fuertes diferencias entre países, así, mientras que el 17% de los consumidores daneses no compra productos ecológicos, este porcentaje se eleva al 37% en Italia o al 39% en Reino Unido.

Según afirman *Gracia y De Magistris* (2008), un mayor conocimiento de los productos ecológicos puede llevar a aumentar el porcentaje de compra de estos alimentos por parte de los consumidores y aumentar el nivel de consumo entre los que ya los compran.

4.3.1 Relación entre las características sociodemográficas de los encuestados y la compra de productos ecológicos

Para estudiar si existe relación entre la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica y las características sociodemográficas de los encuestados, se ha aplicado la prueba Chi-cuadrado de independencia. Los resultados reflejan que la compra de productos ecológicos está relacionada con el nivel de estudios y el nivel de ingresos medios (Tabla 11).

Tabla 11. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar las características sociodemográficas y la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	***
Situación laboral	ns
Tamaño del hogar	ns
Ingresos medios	**
Responsable de compra	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Relacionado con el nivel de estudios de los encuestados, el porcentaje de los consumidores “sin estudios”, con “educación primaria” y con “educación secundaria” es mayor entre los que “no compran” productos ecológicos que entre los que “sí compran”. En cuanto a los consumidores que “sí compran”, más de la mitad (54,3%) son personas con “estudios superiores” (Figura 42).

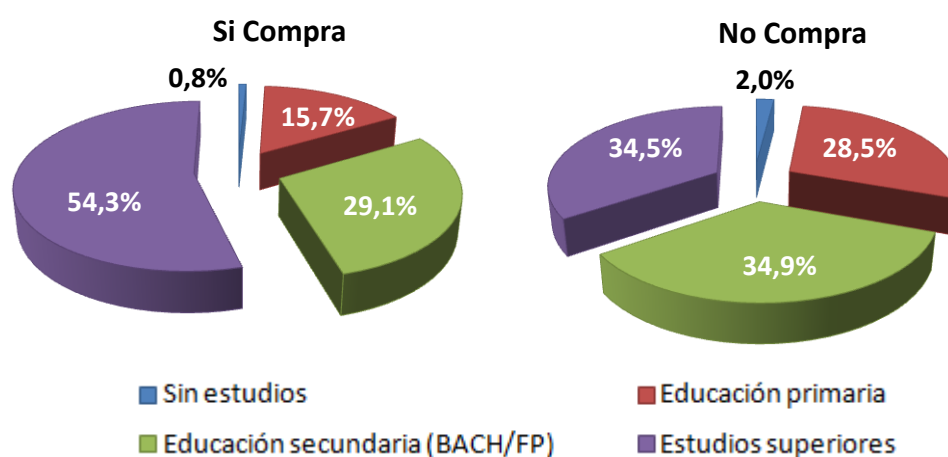


Figura 42. Relación entre la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica y el nivel de estudios

En la figura 43, se puede observar que los encuestados que mayoritariamente “si compran” productos ecológicos tienen un nivel de ingresos “por encima” y “muy por encima de la media” (53,5%). Por su parte entre los que “no compran”, son mayoría (61,5%) los que tienen ingresos “por debajo” y “alrededor de la media”. Estos datos son similares a los recogidos en el Barómetro *Eroski Consumer* (2007) que sitúa en un 51,0% el consumo de alimentos ecológicos en personas de “estatus alto/ medio alto” y en un 66,0% de no consumo para personas de “estatus medio bajo/bajo”.

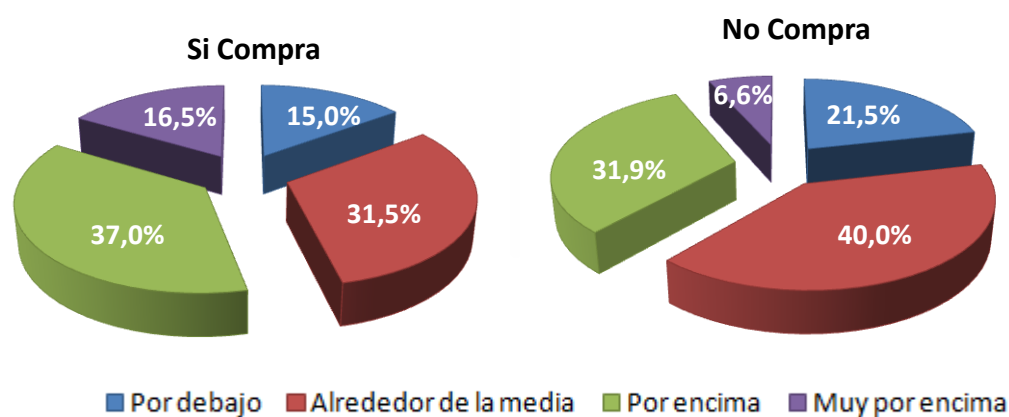


Figura 43. Relación entre la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica y los ingresos medios por hogar

De acuerdo con los resultados obtenidos por *Roitner-Schobesberger y col.* (2008), los consumidores que adquieren vegetales ecológicos son personas adultas, con nivel de estudios e ingresos altos. Aunque *Shafie y Rennie* (2012), indican que la correlación entre las variables sociodemográficas y el consumo de alimentos ecológicos, no es muy significativa. De acuerdo con estos últimos, *Padilla-Bravo y col.*

(2013) señalan que son motivos altruistas los principales factores que afectan a la actitud del consumidor y comportamiento hacia la compra, por lo que las variables sociodemográficas parecen menos importantes.

Gracia y De Magistris (2008) consideran que el factor económico sigue limitando el crecimiento de la demanda de productos ecológicos en Europa. De igual forma *Wier y col.* (2008) indican que, en los hogares británicos, la tendencia a comprar alimentos ecológicos aumenta de acuerdo con el mayor estatus social.

4.3.2 Relación entre los hábitos de consumo de productos vegetales y la compra de productos ecológicos

Se estudió, además, la frecuencia de consumo de vegetales y el lugar de abastecimiento, con el objetivo de analizar posteriormente si existe o no relación con la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica.

En cuanto a la frecuencia de consumo de productos vegetales, las categorías “1-3 veces por semana” (48,6%) y “diariamente” (30,9%) son las que reciben un porcentaje de respuesta mayor (Figura 44). Debido a que el resto de categorías tienen un porcentaje bajo de respuesta se ha decidido asociarlas en una única categoría (“ocasionalmente”) cuando se estudia la relación entre la frecuencia de consumo de vegetales y la compra o no de productos procedentes de la agricultura ecológica.

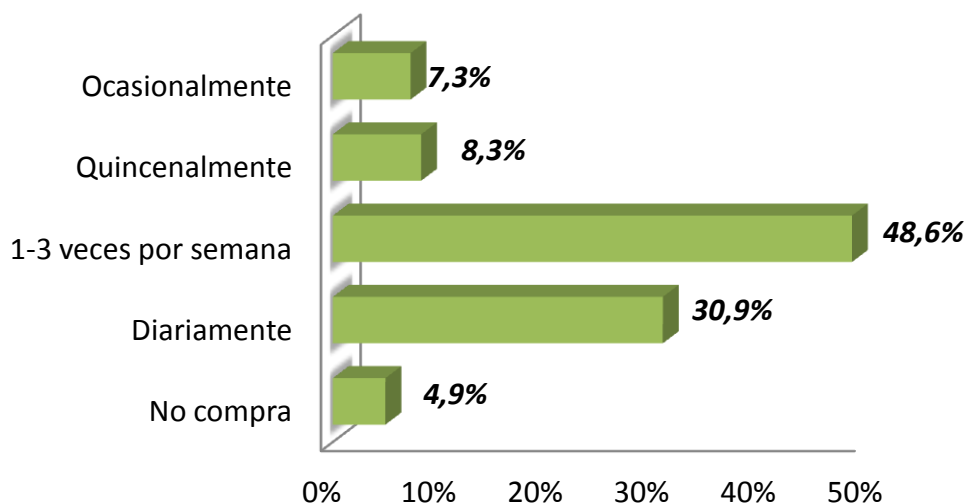


Figura 44. Frecuencia de compra de productos vegetales de los consumidores que “si saben” lo que son los productos procedentes de la agricultura ecológica

En cuanto al lugar principal de abastecimiento de productos vegetales, el porcentaje de consumidores que se abastecen en tiendas tradicionales (fruterías, mercados,...) y supermercados es similar (31,3 y 32,1%, respectivamente). Igual ocurre con el porcentaje de consumidores que se abastecen en hipermercados y a partir de producción familiar con un 18,7 y 17,9 %, respectivamente (Figura 45).

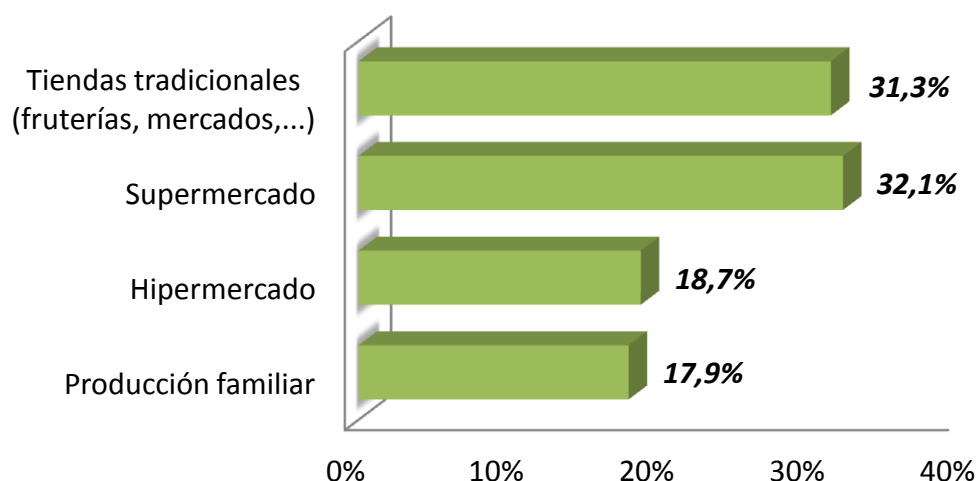


Figura 45. Lugar de abastecimiento de productos vegetales de los consumidores que “si saben” lo que son los productos procedentes de la agricultura ecológica

Para evaluar la relación entre la compra y no compra de productos ecológicos y los hábitos de consumo de productos vegetales (frecuencia y lugar de abastecimiento), se ha aplicado la prueba Chi-cuadrado de independencia. Se comprueba que la relación entre la compra de productos ecológicos y el lugar principal de abastecimiento de productos vegetales, no es significativa (Tabla 12).

Tabla 12. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica y los hábitos de compra de productos vegetales

	Chi-cuadrado
Frecuencia de compra de productos vegetales	***
Lugar principal de abastecimiento	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Existe una relación significativa entre la compra de productos ecológicos y la frecuencia de consumo de productos vegetales (Tabla 12). Los consumidores que “si compran” productos procedentes de la agricultura ecológica presentan un mayor porcentaje de compra “diaria” (41,7%) de productos vegetales (Figura 46).

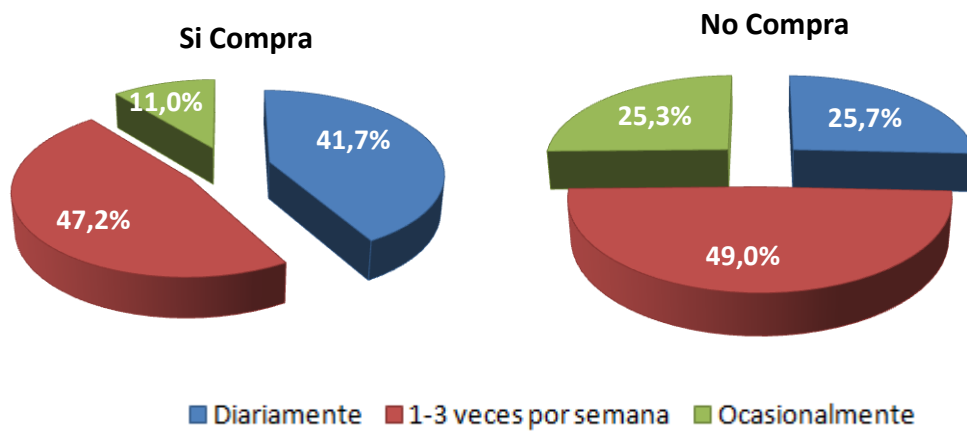


Figura 46. Relación entre la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica y la frecuencia de compra de productos vegetales

4.4 ANÁLISIS DE LOS CONSUMIDORES QUE “SI COMPRAN” ALIMENTOS PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

Del total de encuestados, 126 resultaron ser compradores de productos ecológicos. A continuación se detalla cuales son estos productos y los hábitos de consumo (frecuencia y lugar de abastecimiento) de los alimentos ecológicos.

Por tipo de producto, en la figura 47 se observa que el grupo de frutas y/o verduras frescas son los alimentos ecológicos que más compran los encuestados (55,6% de las respuestas). La siguiente categoría de productos, citados por un 17,5% de los encuestados, son los productos vegetales procesados (mermeladas, salsas, conservas, ...), seguidos por la leche y productos lácteos, consumidos por un 12,7% de los encuestados.

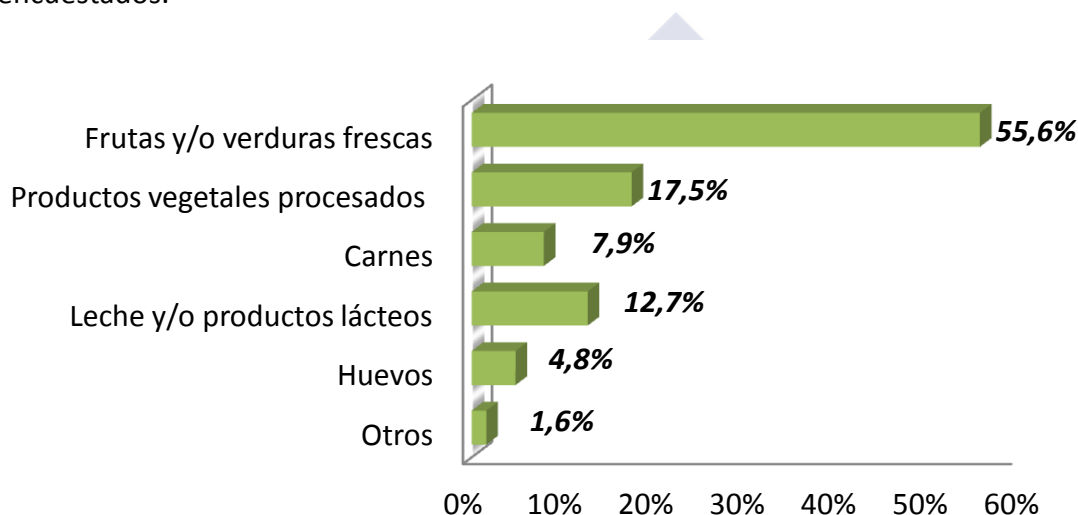


Figura 47. Porcentaje de compra de productos ecológicos

Padel y Foster (2005) y *Pieniak y col. (2010)* también indican que las frutas y verduras son los primeros y, en muchos casos, los únicos productos ecológicos que se consumen. *Ozguven (2012)* señala que los productos orgánicos con mayor porcentaje de compra en Turquía son la leche (47%), las frutas (29%) y las verduras (9%).

En cuanto a la frecuencia de consumo de productos ecológicos, más de la mitad (54,8%) de los encuestados que si compran alimentos ecológicos lo hacen de forma “ocasional”. El 25,4% lo hacen de “1-3 veces por semana” y el 18,3% compran “quincenalmente”. Sólo el 1,5% de los encuestados que compran productos ecológicos lo hacen “diariamente” (Figura 48).

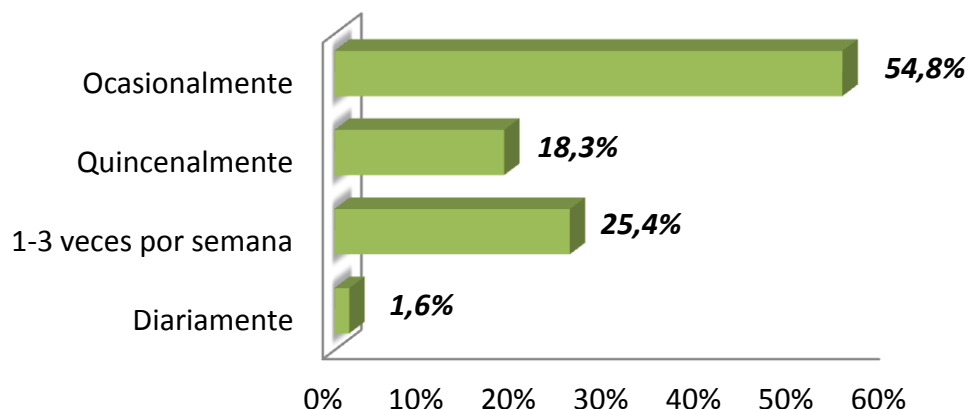


Figura 48. Frecuencia de compra de alimentos ecológicos de los consumidores que “si compran” los productos procedentes de la agricultura ecológica

El lugar principal de abastecimiento de productos ecológicos, son los “hipermercados” y los “supermercados” (61,1%). El 14,3% de los encuestados se abastece en “fruterías”, el 15,1% en “tiendas especializadas (herboristerías, tiendas de comercio justo, ...)” y el 9,5% de ellos se abastecen mediante la “compra directa a productores y/o cooperativas” (Figura 49).

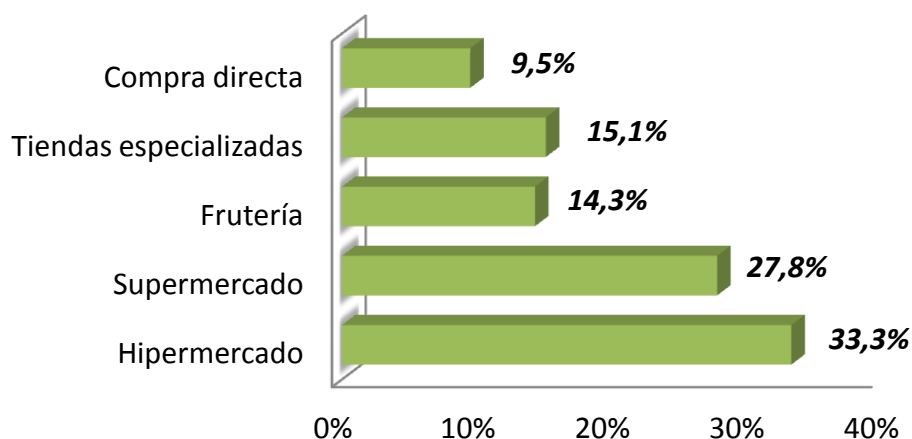


Figura 49. Lugar de abastecimiento de productos ecológicos de los consumidores que “si compran” productos procedentes de la agricultura ecológica

En este sentido, a nivel estatal, en 2010, el 63,2% de los encuestados (57,9% en 2007) encuentra en su lugar de compra habitual alimentos ecológicos. El principal canal donde se encuentran es en los supermercados (MAGRAMA, 2013b)

4.4.1 Relación entre el tipo de producto ecológico consumido y los hábitos de consumo de estos productos

Para evaluar la relación entre el tipo de producto ecológico consumido por los encuestados que “si compran” alimentos ecológicos y los hábitos de consumo de productos ecológicos (frecuencia y lugar de abastecimiento), se ha aplicado la prueba Chi-cuadrado de independencia. Se comprueba que aunque la relación entre el tipo de producto ecológico y la frecuencia de consumo de alimentos ecológicos no es significativa, la relación con el lugar principal de abastecimiento si lo es (Tabla 13).

Tabla 13. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar el tipo de producto ecológico comprado y los hábitos de compra de productos ecológicos

	Chi-cuadrado
Frecuencia de compra de alimentos ecológicos	ns
Lugar principal de abastecimiento de alimentos ecológicos	*

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Relacionando el tipo de producto ecológico y el lugar de abastecimiento de este tipo de productos, en general, se obtiene que los lugares principales de abastecimiento de todos los productos son, entre otros, el “supermercado” e “hipermercado”. Es destacable el abastecimiento de carnes y huevos por “compra directa a productores o cooperativas” en un mayor porcentaje (20,0% y 16,7%) que los otros productos. Un porcentaje del 26% de encuestados que compran frutas y vegetales frescos lo hacen en fruterías (Figura 50).

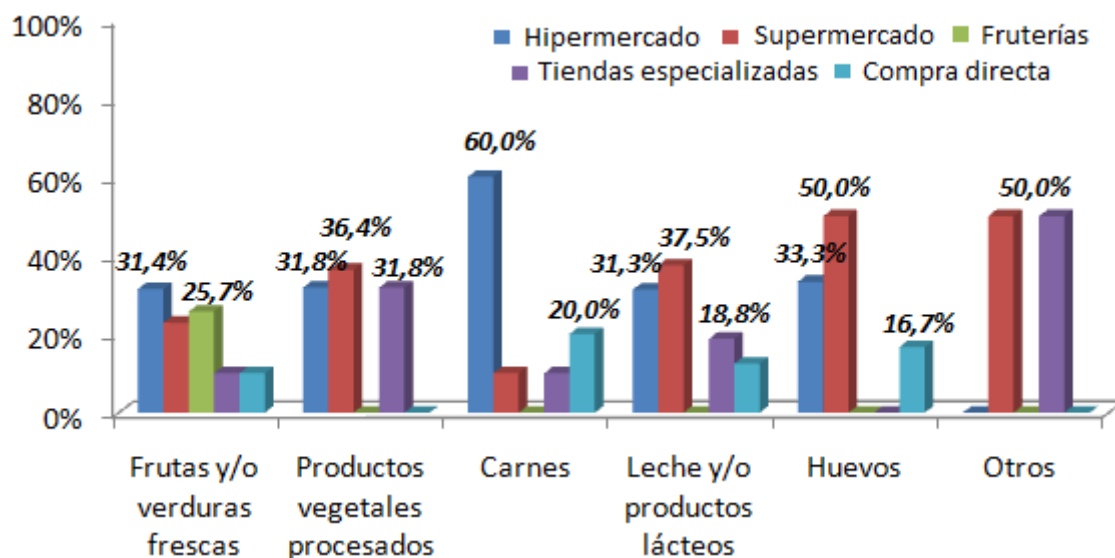


Figura 50. Porcentaje de respuesta para los diferentes lugares de abastecimiento de productos ecológicos

Para conocer si hay algún tipo de relación entre la frecuencia de consumo de los productos ecológicos y su lugar de abastecimiento se aplica nuevamente la prueba Chi-cuadrado de independencia, obteniéndose que no existe relación significativa ($p > 0,05$) entre ellos.

4.4.2 Relación entre los hábitos de consumo de productos ecológicos y las características sociodemográficas de los encuestados

Para estudiar si existe relación entre los hábitos de consumo de productos ecológicos (tipo de producto consumido, frecuencia de consumo y lugar de abastecimiento) y las características sociodemográficas de los encuestados que compran productos ecológicos, se ha aplicado la prueba Chi-cuadrado de independencia.

Respecto a la relación entre el tipo de producto ecológico consumido por los encuestados y sus características sociodemográficas, no se obtiene relación significativa entre estas variables (Tabla 14).

Tabla 14. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar el tipo de producto ecológico consumido y las características sociodemográficas de los encuestados

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	ns
Situación laboral	ns
Tamaño del hogar	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En cuanto a la relación entre la frecuencia de consumo de productos ecológicos y las características sociodemográficas de los consumidores, se obtiene relación significativa con el responsable de la compra (Tabla 15).

Tabla 15. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar la frecuencia de consumo de productos ecológicos y las características sociodemográficas de los encuestados

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	ns
Situación laboral	ns
Tamaño del hogar	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	**

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En la Figura 51 se observa que el porcentaje de encuestados que son responsables de la compra supera el 80,0% para las categorías de compra de productos ecológicos “1-3 veces por semana” y “quincenalmente”. El porcentaje de encuestados que compran productos ecológicos “ocasionalmente” se divide en un 56,5% que si son responsables de la compra y un 43,5% que no lo son. La categoría “diariamente” no se representa debido al bajo porcentaje de encuestados con un consumo diario de productos ecológicos.

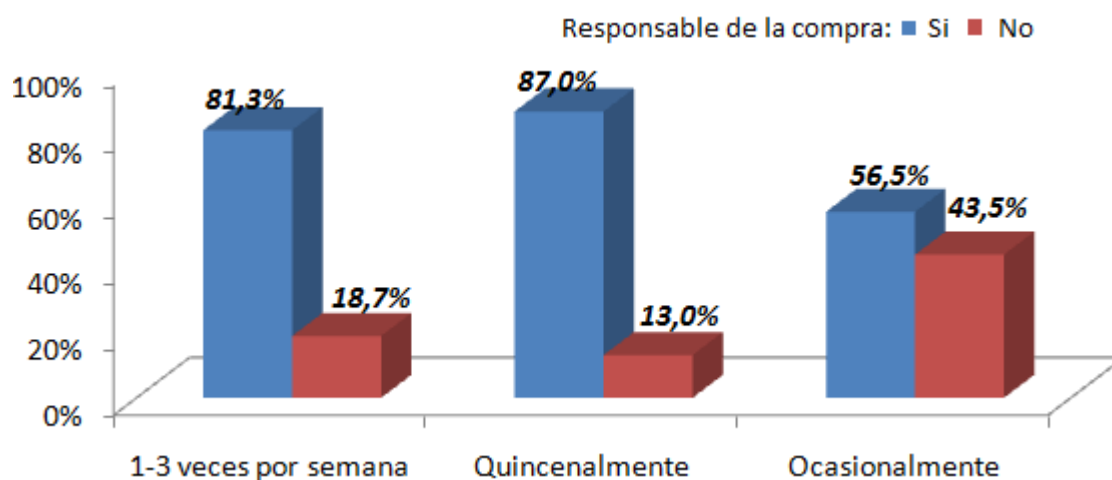


Figura 51. Relación entre la frecuencia de consumo de productos ecológicos y el responsable de la compra de estos productos

Por último, en cuanto a la relación entre el lugar principal de abastecimiento de productos ecológicos y las características sociodemográficas de los encuestados, tras la aplicación de la prueba de Chi-cuadrado, se observa que no hay ningún tipo de relación entre estas variables (Tabla 16).

Tabla 16. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar el lugar de abastecimiento de productos ecológicos consumido y las características sociodemográficas de los encuestados

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	ns
Situación laboral	ns
Tamaño del hogar	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

4.4.3 Relación entre los hábitos de consumo de productos ecológicos y los hábitos de consumo de productos vegetales

Para evaluar la relación entre los hábitos de consumo de productos ecológicos (frecuencia y lugar de abastecimiento) y los hábitos de consumo de productos vegetales (frecuencia y lugar de abastecimiento), se ha aplicado la prueba Chi-cuadrado de independencia.

4.4.3.1 Relación entre la frecuencia de compra de productos ecológicos y los hábitos de consumo de productos vegetales

La frecuencia de compra de productos ecológicos está relacionada significativamente tanto con la frecuencia de compra de productos vegetales como con el lugar de abastecimiento de estos productos (Tabla 17).

Tabla 17. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar la frecuencia de compra de productos ecológicos y los hábitos de compra de productos vegetales

	Chi-cuadrado
Frecuencia de compra de productos vegetales	*
Lugar principal de abastecimiento de vegetales	*

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Teniendo en cuenta la frecuencia de compra de productos ecológicos y la frecuencia de compra de productos vegetales, se observa (Figura 52), en general, que un consumo de “1-3 veces por semana” y “quincenalmente” de productos ecológicos también se corresponde con un consumo de “1-3 veces por semana” de productos vegetales. Los encuestados que indican un consumo “ocasional” de productos ecológicos, consumen productos vegetales “diariamente” y “1-3 veces por semana”

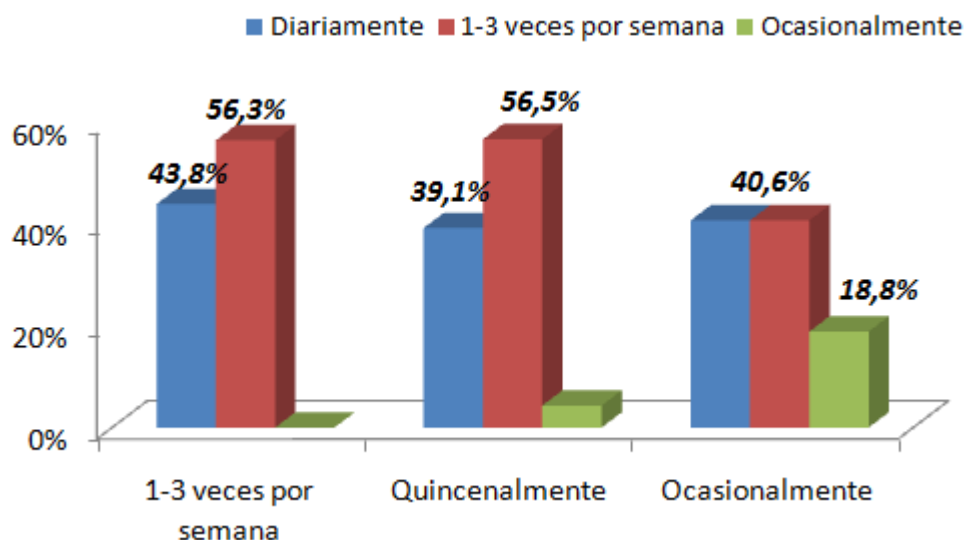


Figura 52. Relación entre la frecuencia de consumo de productos ecológicos y la frecuencia de consumo de productos vegetales

Relacionando ahora frecuencia de compra de productos ecológicos y lugar de abastecimiento de productos vegetales, se observa, en general, que los encuestados que indican una frecuencia de consumo de alimentos ecológicos “1-3 veces por semana” y “quincenalmente”, se abastecen de productos vegetales en tiendas tradicionales (fruterías, mercados, ...), supermercados e hipermercados. El 17,4% de los encuestados que consumen productos ecológicos “ocasionalmente” se abastecen de productos vegetales a partir de “producción familiar”, categoría con bajo porcentaje de respuesta en el resto de frecuencias (Figura 53).

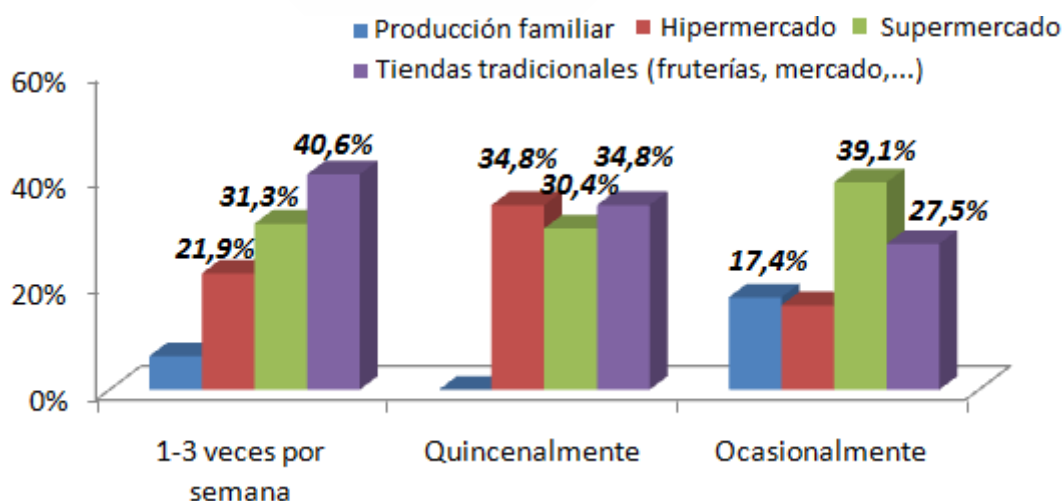


Figura 53. Relación entre la frecuencia de consumo de productos ecológicos y el lugar de abastecimiento de productos vegetales

4.4.3.2 Relación entre el lugar principal de abastecimiento de productos ecológicos y los hábitos de consumo de productos vegetales

Al aplicar Chi-cuadrado, se obtiene relación significativa entre el lugar de abastecimiento de productos ecológicos tanto con la frecuencia de compra como con el lugar de abastecimiento de productos vegetales (Tabla 18).

Tabla 18. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar el lugar de abastecimiento de productos ecológicos y los hábitos de compra de productos vegetales

	Chi-cuadrado
Frecuencia de compra de productos vegetales	*
Lugar principal de abastecimiento de vegetales	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Los encuestados que se abastecen de productos ecológicos por “compra directa a productores y/o cooperativas” compran de forma “ocasional” productos vegetales mientras que los que se abastecen de productos ecológicos en el resto de lugares tiene un consumo más frecuente (Figura 54).

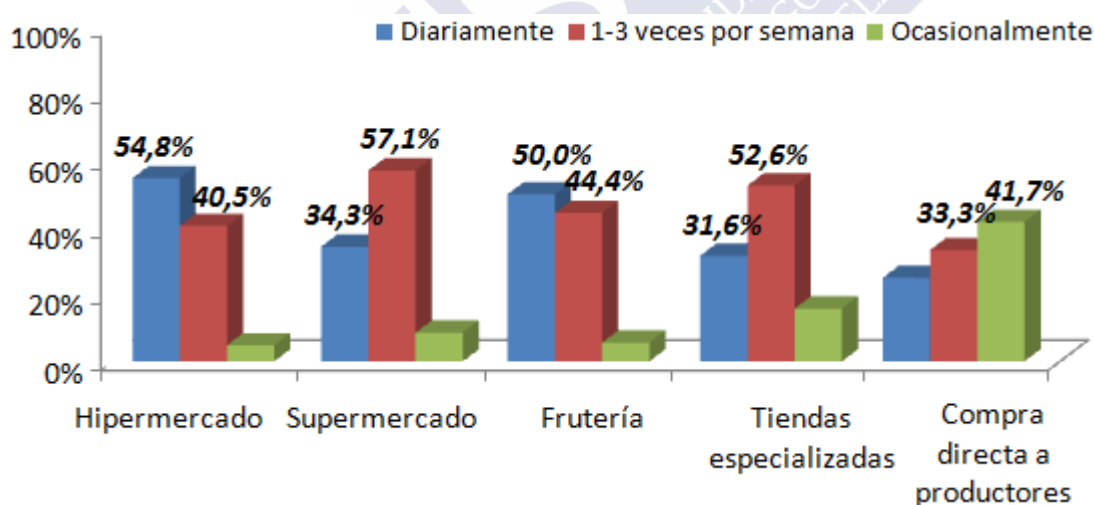


Figura 54. Relación entre el lugar de abastecimiento de productos ecológicos y la frecuencia de consumo de productos vegetales

Relacionando ahora el lugar de abastecimiento de productos ecológicos y el lugar de abastecimiento de productos vegetales, se observa que los encuestados que se abastecen de productos ecológicos en hipermercados también se abastecen mayoritariamente (47,6%) de productos vegetales en este lugar, igual que ocurre con los supermercados. Los que compran en fruterías o tiendas especializadas tienen las tiendas tradicionales (fruterías, mercados,...) como principal lugar de abastecimiento de productos vegetales (Figura 55).

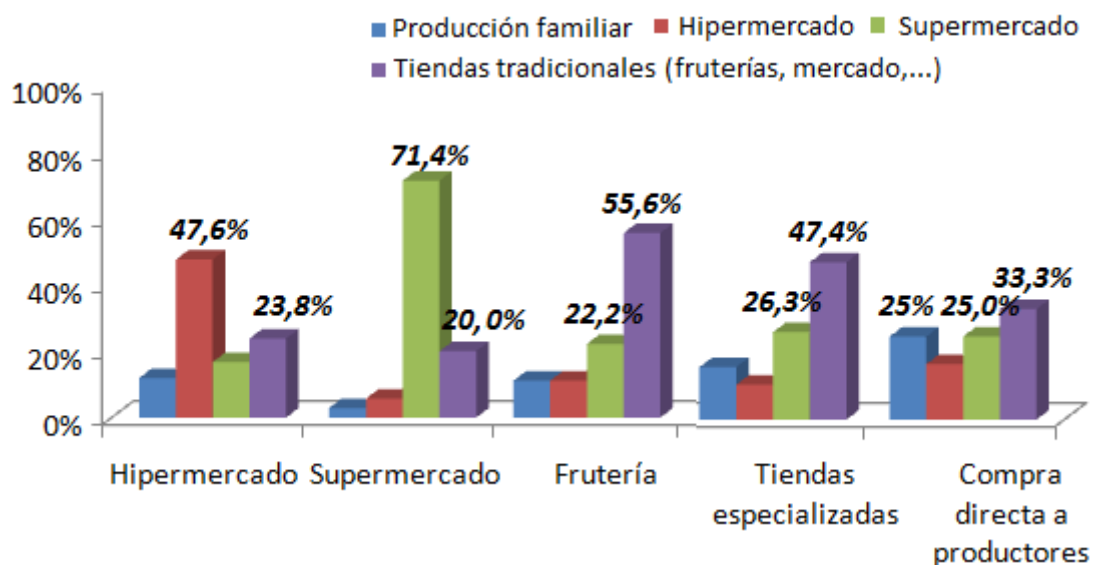


Figura 55. Relación entre el lugar de abastecimiento de productos ecológicos y el lugar de abastecimiento de productos vegetales

4.5 ANÁLISIS DE LOS MOTIVOS POR LOS QUE LOS CONSUMIDORES COMPRAN/NO COMPRAN ALIMENTOS PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA

4.5.1 Análisis de los motivos por los que los consumidores compran productos ecológicos

A las 126 personas que resultaron ser compradores de productos procedentes de la agricultura ecológica, se les pregunta el motivo principal de dicha compra.

En la figura 56 se muestran los porcentajes de respuesta correspondientes a cada uno de los motivos por los que estos consumidores “sí compran” productos procedentes de la agricultura ecológica. Un 52,0% de los consumidores consideran que dichos productos son más sanos que los convencionales, seguido por un 21,3% que indican que son más respetuosos con el medio ambiente y un 18,1% afirma que tienen mejor sabor.

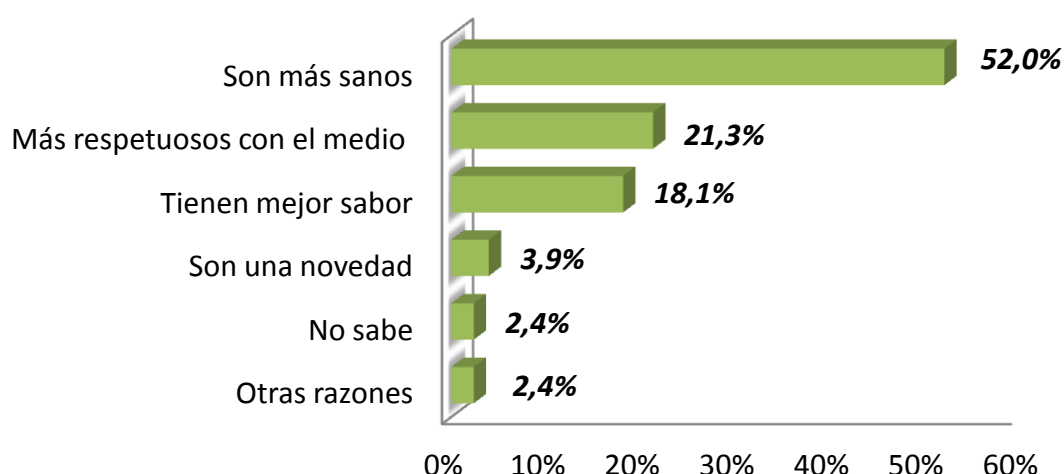


Figura 56. Motivo principal por el que “si compra” productos procedentes de la agricultura ecológica

De igual forma, *Zhao y col.* (2007) citan estas tres razones, más saludables, más respetuosos con el medio ambiente y con mejor sabor, como los principales motivos de compra de productos ecológicos.

De acuerdo con *Magnusson y col.* (2003), la elección de los alimentos ecológicos está relacionada con las consecuencias percibidas para la salud humana, razón por la que la percepción de seguridad alimentaria, se puede considerar un factor importante en la intención de compra de alimentos ecológicos (*Giovanni y col.*, 2012),

sin embargo, no existe suficiente evidencia científica en la bibliografía que apoye esta percepción de los consumidores (*Hoefkens y col.*, 2009).

Relacionado con el medio ambiente, en España (*MAGRAMA*, 2013b), 9 de cada 10 entrevistados piensan que el método de producción ecológica es menos agresivo con el entorno y que la agricultura ecológica permite una mejor conservación de los recursos naturales. Además 8 de cada 10 personas están de acuerdo con que la ausencia de plaguicidas es una garantía añadida en la producción ecológica, tal como concluyen *Anderson y col.* (2006).

Wier y col. (2008) afirman que, además de las razones de salud y frescura de los alimentos, el sabor es también un factor determinante a la hora de la elección de los productos ecológicos. Sin embargo, *Tobin y col.* (2013) concluyen que, aunque los consumidores irlandeses tienen la percepción de que las frutas y vegetales ecológicos tienen mejor sabor, los datos científicos para apoyar esto son escasos y poco concluyentes.

Una vez que se conoce el motivo por el que se compran productos procedentes de la agricultura ecológica, se considera necesario conocer si existe alguna relación con las características sociodemográficas: sexo, edad, nivel de estudios, situación laboral e ingresos medios. Para ello se emplea la prueba Chi-cuadrado de independencia que refleja que el motivo por el que se compran productos procedentes de la agricultura ecológica está relacionado con el nivel de estudios, ya que dicha prueba resulta significativa únicamente para esta característica (Tabla 19).

Tabla 19. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar las características sociodemográficas y el motivo por el que “sí compra” productos procedentes de la agricultura ecológica

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	*
Situación laboral	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Teniendo en cuenta el nivel de estudios, para los encuestados con “educación primaria”, “secundaria” y “estudios superiores” el motivo principal de compra es que “son más sanos” con un 65,0, 43,2 y 53,6%, respectivamente. El segundo motivo de compra para los encuestados con “educación primaria” y “estudios superiores” es “tienen mejor sabor” seguido del motivo “son más respetuosos con el medio ambiente”. En los encuestados con educación secundaria este orden se invierte, un 35,1% lo hacen porque “son más respetuosos con el medio ambiente” y un 10,8% porque “tienen mejor sabor”. En cuanto a los consumidores “sin estudios”, una única persona declara como motivo de compra que son una novedad (Figura 57).

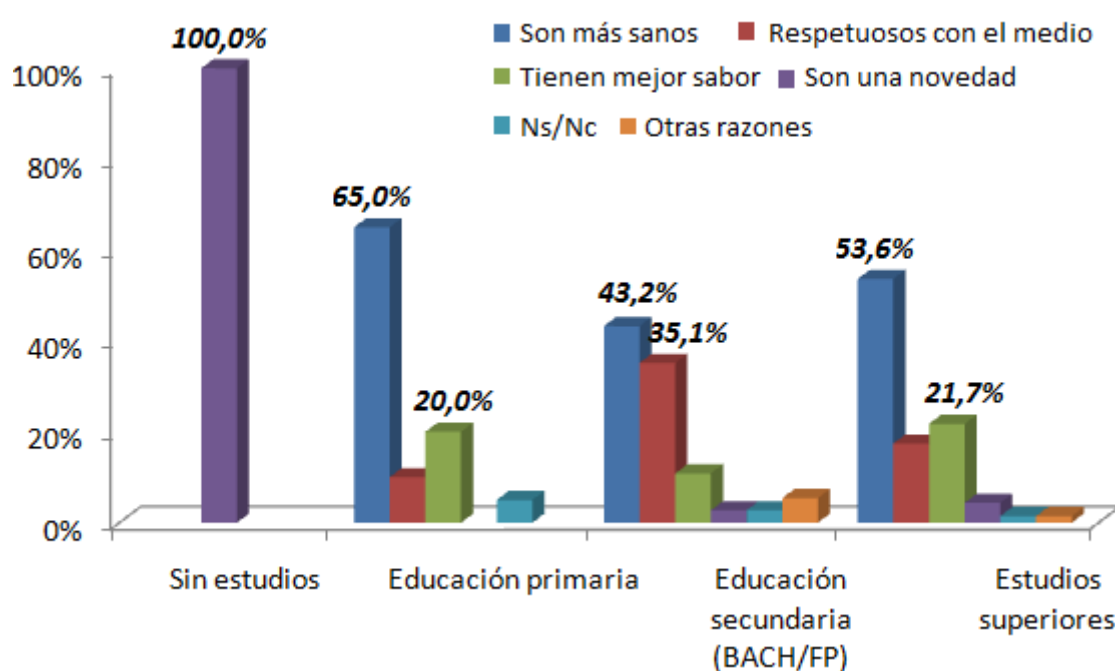


Figura 57. Porcentaje de respuesta para los diferentes motivos de compra en función del nivel de estudios

Se estudia también la relación entre el motivo por el que “sí compran” productos procedentes de la agricultura ecológica y los hábitos de consumo de productos ecológicos (tipo de producto ecológico, frecuencia de compra de productos ecológicos y lugar principal de abastecimiento), aplicando para ello la prueba Chi-cuadrado de independencia, obteniéndose que no hay ningún tipo de relación (Tabla 20).

Tabla 20. Resultado de la prueba Chi-cuadrado para la relación entre el motivo de “sí compra” de productos ecológicos con los hábitos de compra de productos ecológicos

	Chi-cuadrado
Tipo de producto ecológico	ns
Frecuencia de compra de productos ecológicos	ns
Lugar principal de abastecimiento de productos ecológicos	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Relacionando ahora el motivo por el que “sí compran” productos procedentes de la agricultura ecológica con la frecuencia de compra y el lugar principal de abastecimiento de productos vegetales, mediante la prueba Chi-cuadrado de independencia, se obtiene que no hay relación (Tabla 21).

Tabla 21. Resultado de la prueba Chi-cuadrado para la relación entre el motivo de “sí compra” de productos ecológicos con los hábitos de compra de productos vegetales

	Chi-cuadrado
Frecuencia de compra de productos vegetales	ns
Lugar principal de abastecimiento de productos vegetales	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

4.5.2 Análisis de los motivos por los que los consumidores no compran productos ecológicos

A aquellos encuestados que “no compran” productos ecológicos se les pregunta el motivo principal de por qué no los compran.

Entre los motivos indicados para no comprar los productos ecológicos destacan que los encuestados consideran elevado su precio (25,5%), seguido del escaso conocimiento de estos productos (22,1%) y la dificultad para encontrarlos (14,1%). En cuanto a los encuestados que eligen como motivo de no compra “otras razones” (9,2%), indican que consumen vegetales procedentes de producción propia o familiar (Figura 58).

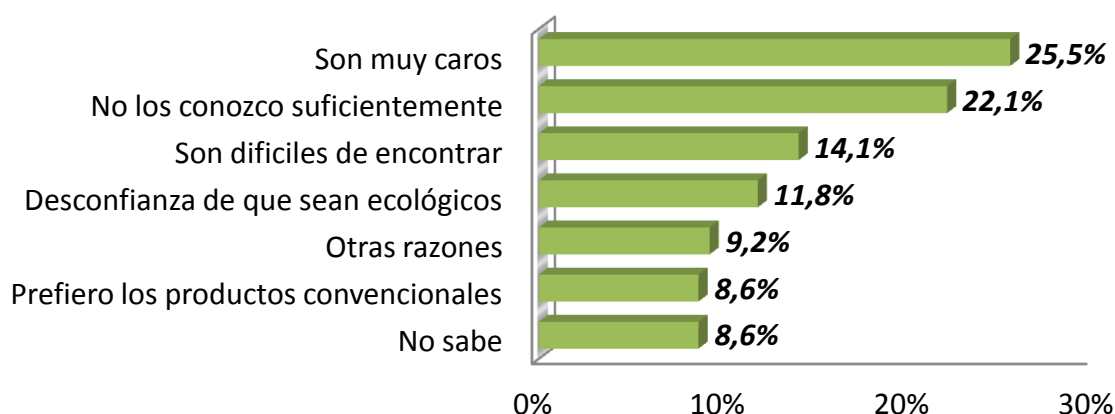


Figura 58. Motivo principal para la “no compra” de productos ecológicos

En España, en 2010, aquellos consumidores que no consumen/han consumido nunca productos ecológicos lo justifican principalmente en el precio más elevado. Este aspecto adquiere un peso considerablemente mayor (48,0%) que otros años (25,1% en 2007 y 28,1% en 2005) debido a la crisis económica (MAGRAMA, 2013b).

Otros aspectos que frenan y justifican el no consumo de productos ecológicos son el desconocimiento sobre el tema y el no encontrarlos en su establecimiento habitual de compra (MAGRAMA, 2013b). *Jensen y col.* (2011) también citan el desconocimiento sobre la producción ecológica y la desconfianza como aspectos que influyen en la no demanda de este tipo de productos.

Sánchez y col. (2002) afirman que el consumo de productos ecológicos no ha crecido al mismo ritmo que la producción debido al diferencial de precios respecto de los productos convencionales, los deficientes canales de distribución y su desconocimiento y según *Falguera y col.* (2012), la diferencia de precio entre los

alimentos convencionales y ecológicos es a menudo demasiado grande para que los consumidores cambien sus hábitos de compra.

Entre los numerosos autores que asocian el elevado precio de los productos ecológicos con el descenso en la demanda se encuentran, además, *Verhoef* (2005), *Briz y Ward* (2009), *Michaelidou y Hassan* (2010), *Zander y Hamm* (2010) o *Shafie y Rennie*, (2012). Contrarios, otros autores como *Roininen y col.* (2006), *Batte y col.* (2007), *Van Doorn y Verhoef* (2011), *Van Loo y col.* (2011) indican que los consumidores están dispuestos a pagar el sobreprecio de los productos ecológicos.

Para conocer la relación existente entre el motivo por el que no compran productos ecológicos y las características sociodemográficas de los consumidores encuestados, se ha aplicado la prueba Chi-cuadrado de independencia de donde se desprende que las razones para no comprar productos procedentes de la agricultura ecológica son diferentes según el nivel de estudios (Tabla 22), igual que ocurría para el motivo de compra de alimentos ecológicos.

Tabla 22. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar las características sociodemográficas y el motivo para la “no compra” de productos ecológicos

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	***
Situación laboral	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En cuanto al nivel de estudios, cabe destacar que los encuestados “sin estudios” señalan como motivo de no compra el “no sabe” (70,0%), motivo que también destacan en un 17,6%, superando al “son muy caros” (16,9%) los encuestados con “estudios primarios”, siendo para éstos el motivo más frecuente de no compra el “no los conozco lo suficiente” (29,6%). Es también destacable que para los encuestados con “educación secundaria” y “estudios superiores” el motivo de “no compra” que nombran con más frecuencia es que “son muy caros” (Figura 59).

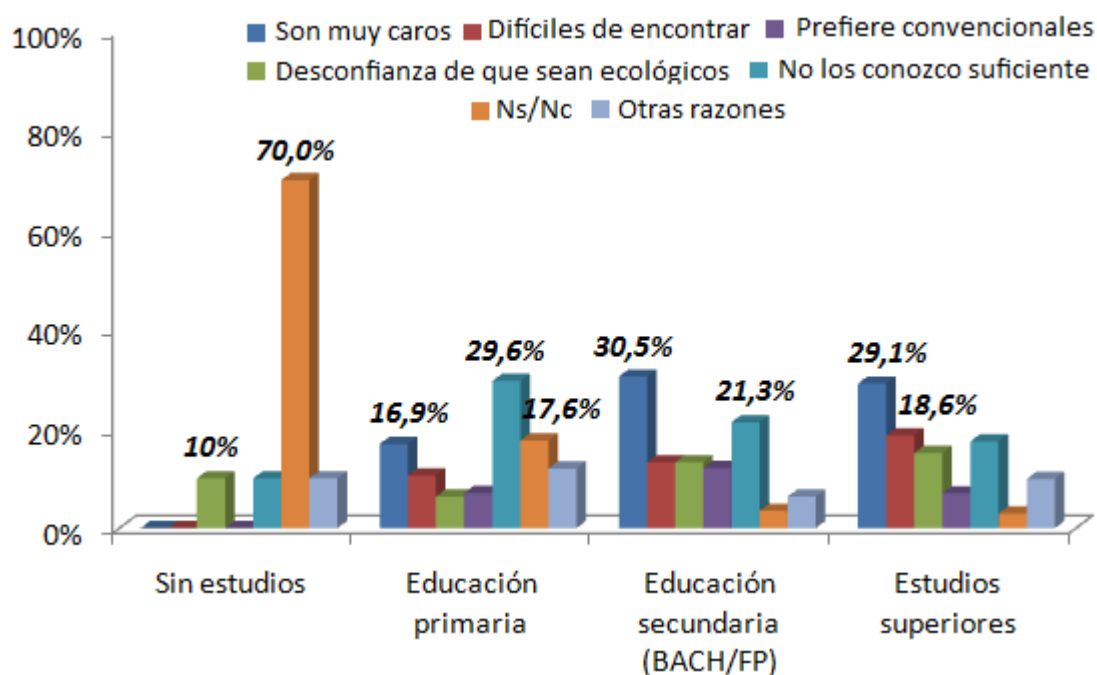


Figura 59. Porcentaje de respuesta para los diferentes motivos de no compra en función del nivel de estudios

Además de analizar la relación entre el motivo por el que no se compran productos ecológicos con las características sociodemográficas, se estudia si existe relación con hábitos de consumo de productos vegetales, para ello se emplea la prueba Chi-cuadrado de independencia. En la tabla 23 se observa que si hay relación entre el motivo de no compra tanto con la frecuencia de compra como con el lugar de abastecimiento de productos vegetales.

Tabla 23. Resultado de la prueba Chi-cuadrado al relacionar el motivo de “no compra” de productos ecológicos con los hábitos de compra de productos vegetales

	Chi-cuadrado
Frecuencia de compra de productos vegetales	*
Lugar principal de abastecimiento de productos vegetales	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En cuanto a la relación que existe entre el motivo de “no compra” productos procedentes de agricultura ecológica y la frecuencia de compra de productos vegetales (Figura 60) se observa que para los consumidores que compran productos vegetales “diariamente” y “1-3 veces por semana” el motivo principal de “no compra” de productos ecológicos es que son muy caros seguido por el motivo no los conozco lo suficiente y que son difíciles de encontrar.

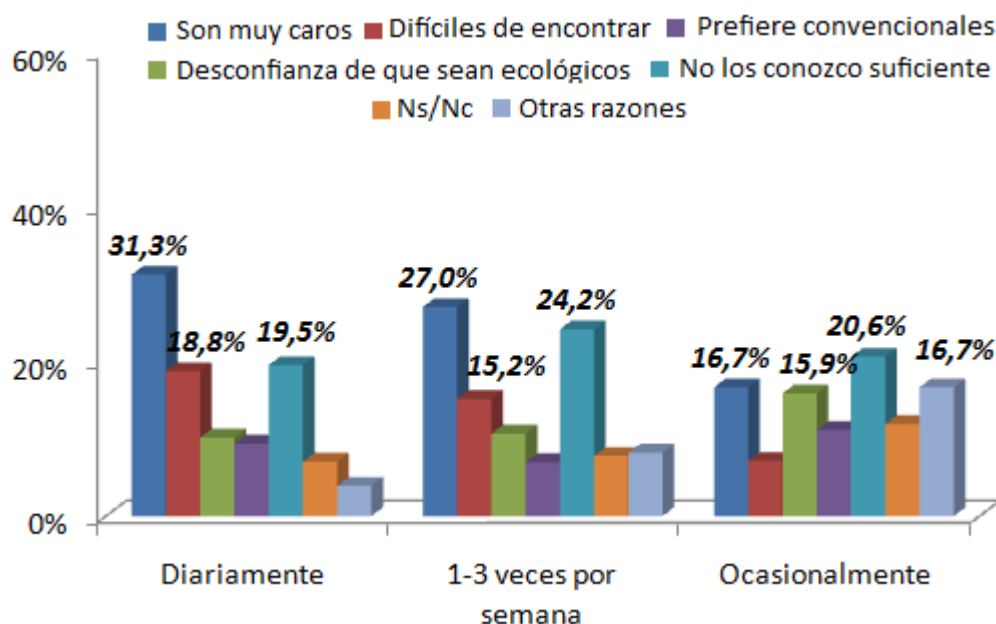


Figura 60. Relación entre el motivo principal por el que “no compra” productos ecológicos y la frecuencia de compra de productos vegetales

En la figura 61 se puede observar que los consumidores que compran productos vegetales en hipermercados, supermercados y tiendas tradicionales (fruterías, mercados, ...), destacan dos razones mayoritarias para la no compra de productos ecológicos, estas son “el elevado precio” y “no los conozco lo suficiente”. Respecto a los consumidores que se abastecen de productos vegetales a partir de la producción familiar responden obviamente, como motivo principal de “no compra” productos ecológicos “otras razones” (25,0%), seguido por un 19,8% que señala la “desconfianza de que sean ecológicos”.

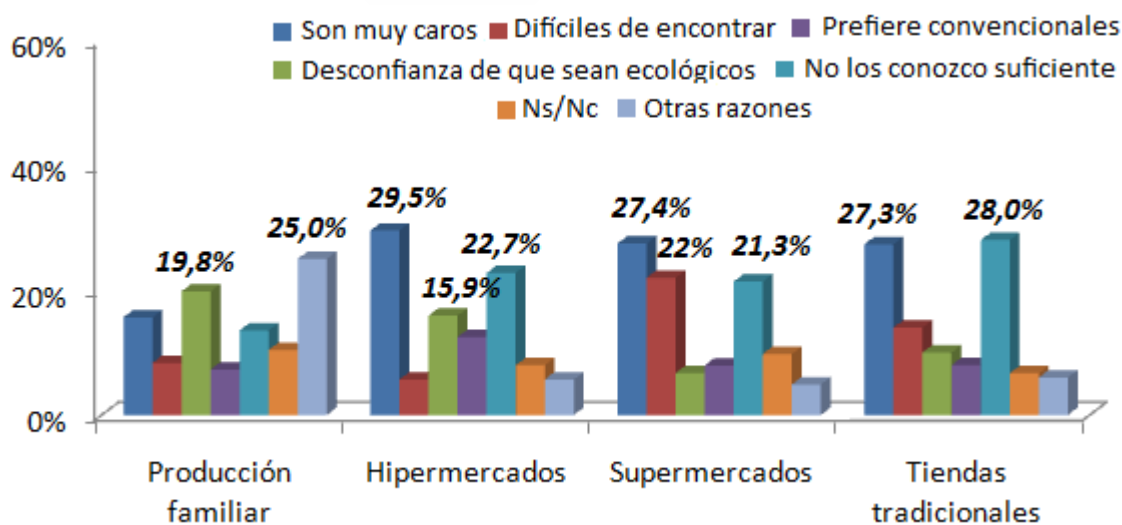


Figura 61. Relación entre el motivo principal por el que “no compra” productos ecológicos y lugar principal de abastecimiento de productos vegetales

4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE LOS CONSUMIDORES: ACEPTACIÓN/PREFERENCIA

Mediante la evaluación sensorial por parte de los consumidores de los tres productos en estudio, fresa, tomate y kiwi, producidos cada uno de ellos por dos sistemas de cultivo, ecológico y convencional, se trata de conocer la aceptación de los productos y la preferencia para cada producto entre los dos sistemas de cultivo.

Así, a cada uno de los encuestados se les da a probar fresa, tomate o kiwi (ecológico y convencional) sin identificar (test ciego), acompañadas del cuestionario (Parte B del cuestionario, apartado 3.2.2) a fin de que reflejen sus valoraciones.

La valoración de cada producto se realiza independientemente de los restantes, utilizando el mismo cuestionario para los tres productos.

Del total de los 625 cuestionarios, 204 corresponden a la fresa, 215 al kiwi y 206 al tomate (Figura 62).



Figura 62. Distribución de los encuestados en función del producto

4.6.1 Fresa

En la figura 63 se puede observar, en cuanto a valoración global de la fresa, que la categoría “me gusta” es la que recibe un mayor porcentaje de respuesta, seguida de “me gusta ligeramente” para los dos tipos (ecológica y convencional).

Las valoraciones correspondientes al resto de atributos sensoriales (aspecto, color, olor, sabor y textura) son similares, siendo también las categorías “me gusta” y “me gusta ligeramente” las que reciben un mayor porcentaje de respuesta en ambos productos.

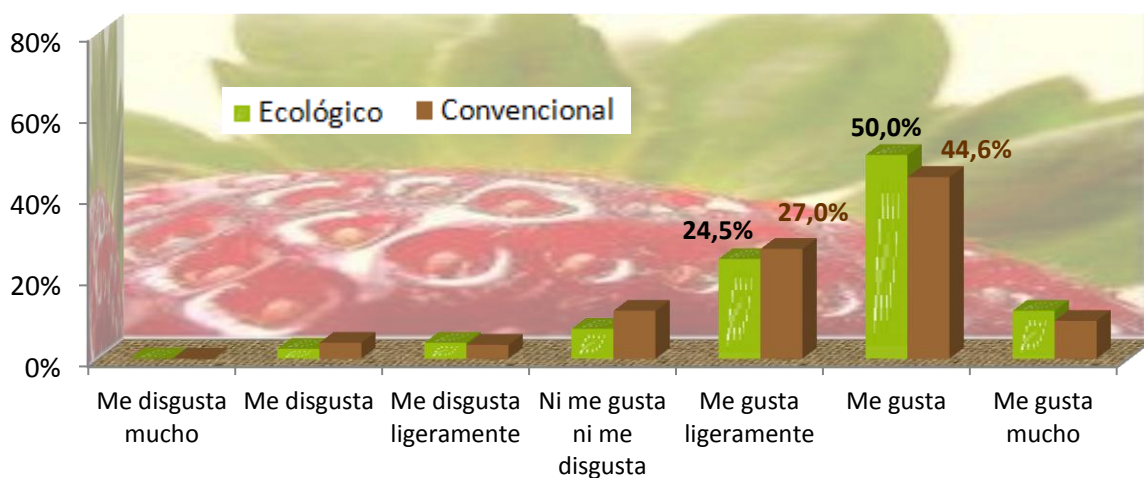


Figura 63. Valoración global de la fresa ecológica y convencional

En la tabla 24 se presentan las valoraciones medias de los atributos sensoriales. En cuanto el aspecto, el color y la textura es la fresa convencional la que obtiene una mayor puntuación media. En cuanto al olor y al sabor, la fresa ecológica es la que recibe una mayor puntuación media. Respecto a la valoración global la fresa ecológica es la que alcanza una puntuación media ligeramente más alta.

Tabla 24. Resultado de las valoraciones medias otorgadas por los consumidores a la fresa ecológica y convencional

FRESA	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Ecológica	4,79	5,23	5,16	5,77	5,33	5,51
Convencional	5,46	5,47	5,02	5,28	5,46	5,33

La representación radial de las puntuaciones medias de cada uno de los descriptores (aspecto, color, olor, sabor, textura y valoración global), para los dos tipos de fresa se recoge en la Figura 64.

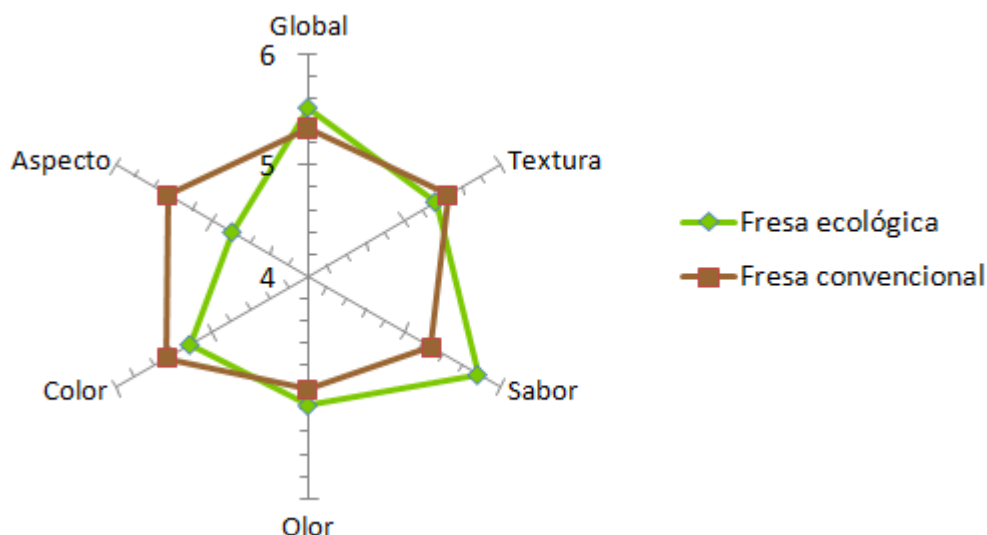


Figura 64. Representación radial de las valoraciones medias otorgadas por los consumidores a cada tipo de fresa

Para conocer si existen diferencias significativas entre las valoraciones otorgadas a la fresa ecológica y convencional, se ha aplicado una prueba no paramétrica para muestras relacionadas (test de Wilcoxon). El resultado indica que las diferencias son significativas en el aspecto y el color (mayor puntuación la fresa convencional en ambos) y el sabor (mayor puntuación la fresa ecológica) (Tablas 24 y 25).

Tabla 25. Resultado del test de Wilcoxon sobre las valoraciones otorgadas a la fresa por los consumidores

FRESA	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Z de Wilcoxon	***	*	ns	***	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Con las puntuaciones dadas en la valoración de la fresa procedente de los dos tipos de cultivo, se analizó la correlación entre descriptores, empleando para ello la prueba de Spearman. En todos los casos las correlaciones son significativas destacando

que los valores máximos de los coeficientes de correlación se obtienen al analizar la correlación de la valoración global, con el sabor y con la textura (Tabla 26).

Tabla 26. Correlaciones entre descriptores en fresa

FRESA	Correlaciones	Spearman
Ecológica	Sabor-Global	***
	Textura- Global	***
Convencional	Sabor-Global	***
	Textura- Global	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Con el fin de representar la asociación entre los resultados obtenidos en todas las variables sensoriales, se realiza un análisis de conglomerados (cluster) sobre los descriptores sensoriales y la aceptación global. Cuanto más a la izquierda del dendograma (Figura 65) estén conectadas en grupos (líneas verticales) las variables sensoriales, más similares son entre ellas, sin embargo, a medida que se establece la conexión entre grupos de variables más hacia la derecha, más diferencias hay entre los grupos de variables. En la fresa se observan dos grupos de descriptores diferenciados, uno para el producto ecológico y otro para el producto convencional.

La distancia más pequeña con respecto a la aceptación global corresponde al sabor. Estos resultados se corresponden con los obtenidos al aplicar la prueba de Spearman (Tabla 26).

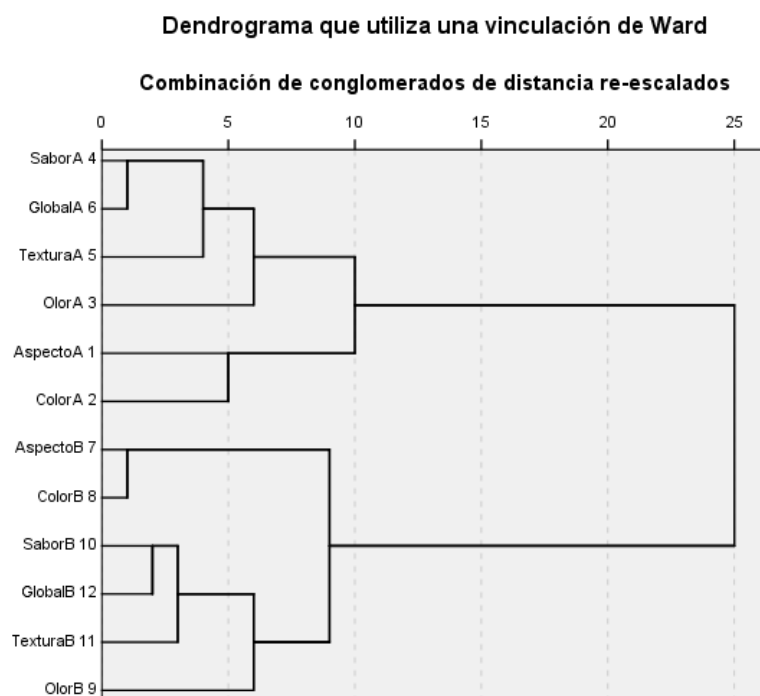


Figura 65. Dendrograma para los descriptores y aceptación global de la fresa

Una vez evaluadas la fresa ecológica y la fresa convencional en función de sus características organolépticas, se pregunta a los consumidores, cuál prefiere.

El porcentaje mayor de elección es para el producto ecológico, con un 55,9%, si bien la diferencia no resulta significativa ($p > 0,05$) según el test de Chi-cuadrado para la comparación de proporciones.

A continuación se procede a estudiar si hay diferencias en cada uno de los descriptores (aspecto, color, olor, sabor, textura y valoración global), tanto para la fresa ecológica como convencional, en función de la preferencia del consumidor por un tipo u otro de fresa. Para ello se aplica la prueba no paramétrica de dos muestras independientes U de Mann-Whitney (Tabla 27). Para todos los descriptores, tanto de fresa ecológica como de fresa convencional, se obtienen diferencias significativas en función de la preferencia. De forma gráfica se muestra esta relación (Figura 66).

Tabla 27. Resultado del test U de Mann-Whitney al relacionar las valoraciones de atributos individuales y la preferencia entre fresa ecológica y convencional

FRESA	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Ecológica	***	***	***	***	***	***
Convencional	**	*	*	***	***	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

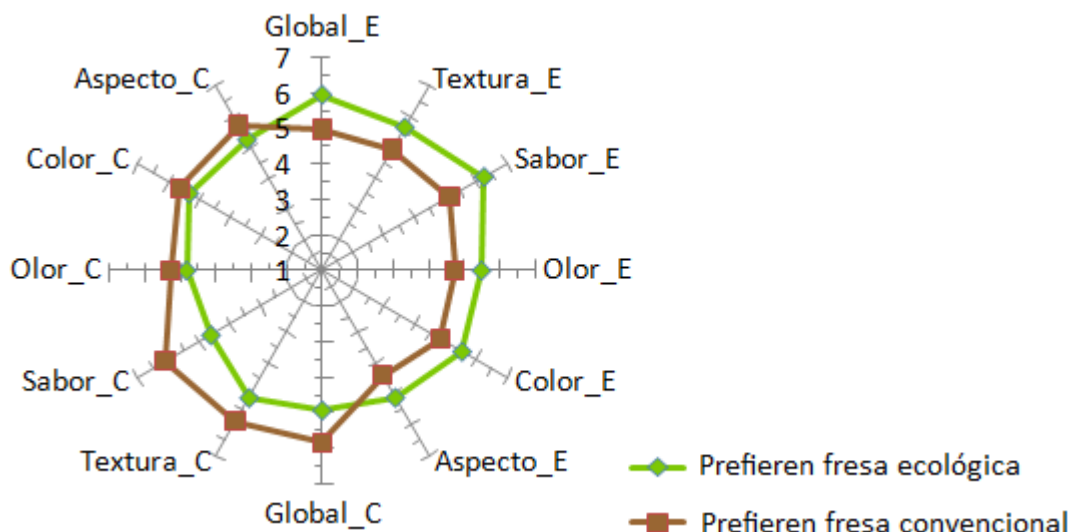


Figura 66. Valoración media de los aspectos sensoriales según preferencia de la fresa

El perfil radial con las valoraciones medias de los dos grupos de consumidores según su preferencia, se muestra en la Figura 67. Se observa, como era de esperar, que los consumidores que prefieren la fresa ecológica dan mayor puntuación a los descriptores de fresa ecológica y los consumidores que prefieren la fresa convencional dan mayor puntuación a los descriptores de fresa convencional.

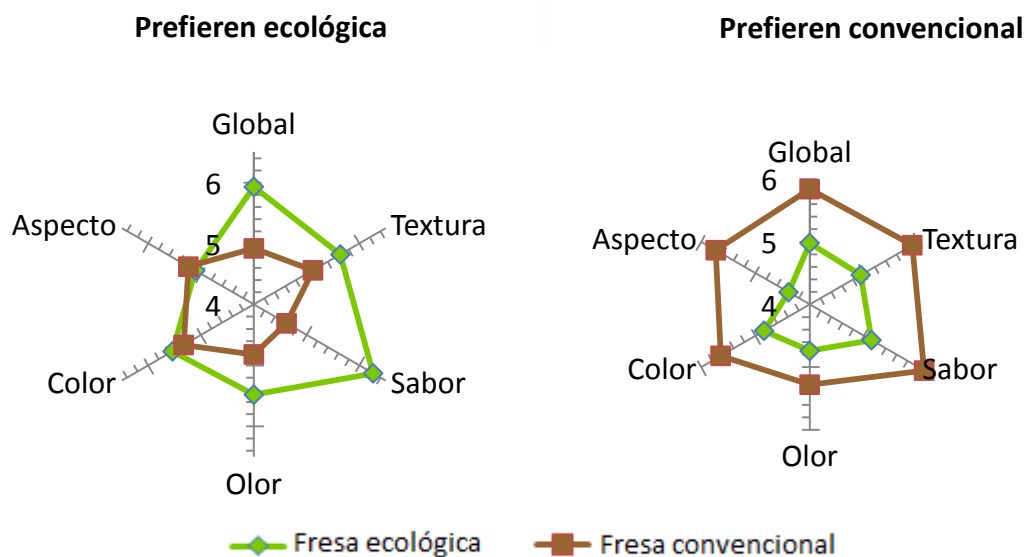


Figura 67. Representación radial de la relación entre los atributos individuales y la preferencia de la fresa

Al estudiar la relación entre la preferencia por la fresa ecológica o convencional y las características sociodemográficas de los encuestados o sus hábitos de consumo de productos vegetales, se puede observar (Tabla 28) que no hay ningún tipo de relación ni con las características sociodemográficas (sexo, edad, nivel de estudios, situación laboral, ingresos medios y responsable de compra), ni con el hábito de consumo de productos vegetales (frecuencia de compra y lugar de abastecimiento).

Tabla 28. Resultado de la prueba Chi-cuadrado entre las características sociodemográficas, hábitos de consumo de productos vegetales y la preferencia de la fresa (ecológica o convencional)

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	ns
Situación laboral	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	ns
Frecuencia de compra de productos vegetales	ns
Lugar principal de abastecimiento	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Además interesa conocer si la preferencia de un tipo de cultivo u otro (ecológico o convencional) está relacionado con el conocimiento y compra de productos ecológicos, obteniéndose, mediante la prueba Chi-cuadrado de independencia, que no hay relación ($p > 0,05$) entre la preferencia de la fresa ecológica o convencional por parte de los consumidores y el conocimiento y compra de productos ecológicos.

4.6.2 Tomate

En cuanto a la valoración global por parte de los consumidores para los dos tipos de cultivo de tomate, se puede observar (Figura 68), que las categorías de la escala hedónica, que acumulan mayor porcentaje de respuesta son en orden decreciente “me gusta”, “me gusta ligeramente” y “me gusta mucho” tanto para tomate ecológico como para el tomate convencional.

Las valoraciones correspondientes al resto de atributos sensoriales (aspecto, color, olor, sabor y textura) son similares, siendo también las categorías “me gusta”, “me gusta ligeramente” y “me gusta mucho” las que reciben un mayor porcentaje de respuesta.



Figura 68. Valoración global del tomate ecológico y convencional

En la tabla 29 se representan las valoraciones medias otorgadas por los consumidores para cada tipo de tomate. Para todos los descriptores, excepto el aspecto, el tomate ecológico obtiene una puntuación media más alta que el tomate convencional. Lo mismo ocurre con la valoración media de la aceptación global ya que es más alta para el tomate ecológico.

Tabla 29. Resultado de las valoraciones medias otorgadas por los consumidores al tomate ecológico y convencional

TOMATE	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Ecológico	5,39	5,53	5,24	5,86	5,54	5,76
Convencional	5,54	5,51	5,04	5,36	5,42	5,41

La representación radial de las puntuaciones medias de cada uno de los descriptores (aspecto, color, olor, sabor, textura y valoración global), para los dos tipos de tomate se recoge en la Figura 69.

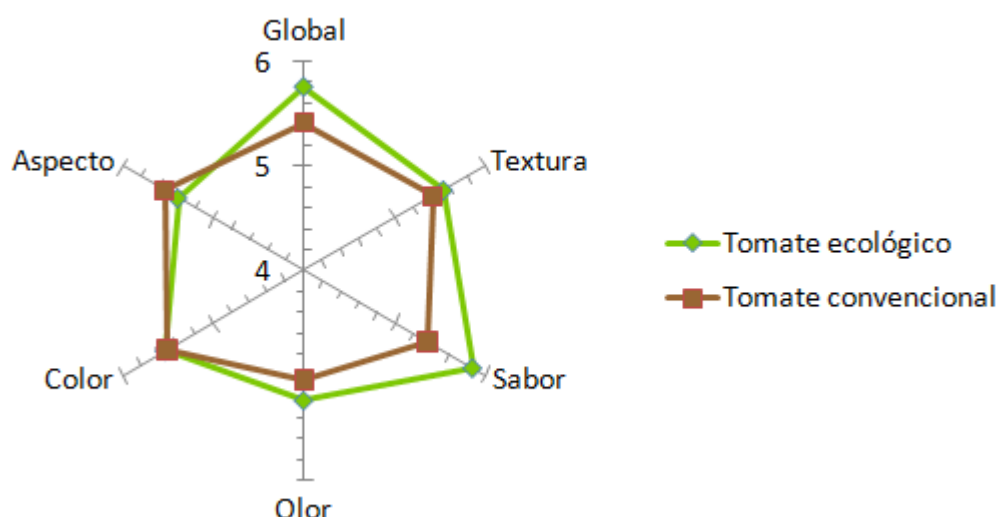


Figura 69. Representación radial de las valoraciones medias otorgadas por los consumidores a cada tipo de tomate

Se aplica el test de Wilcoxon para conocer si existen diferencias significativas entre las valoraciones otorgadas al tomate ecológico y convencional. Se obtiene que existen diferencias significativas en función del sistema de cultivo en cuanto al olor, sabor y aceptación global (Tabla 30), siendo las muestras ecológicas las más valoradas (Tabla 29).

Tabla 30. Resultado del test de Wilcoxon sobre las valoraciones otorgadas al tomate por los consumidores

TOMATE	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Z de Wilcoxon	ns	ns	*	***	ns	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Las correlaciones entre descriptores son significativas destacando que los valores máximos de los coeficientes de correlación son entre la valoración global, y el sabor y la textura (Tabla 31).

Tabla 31. Correlaciones entre descriptores en tomate

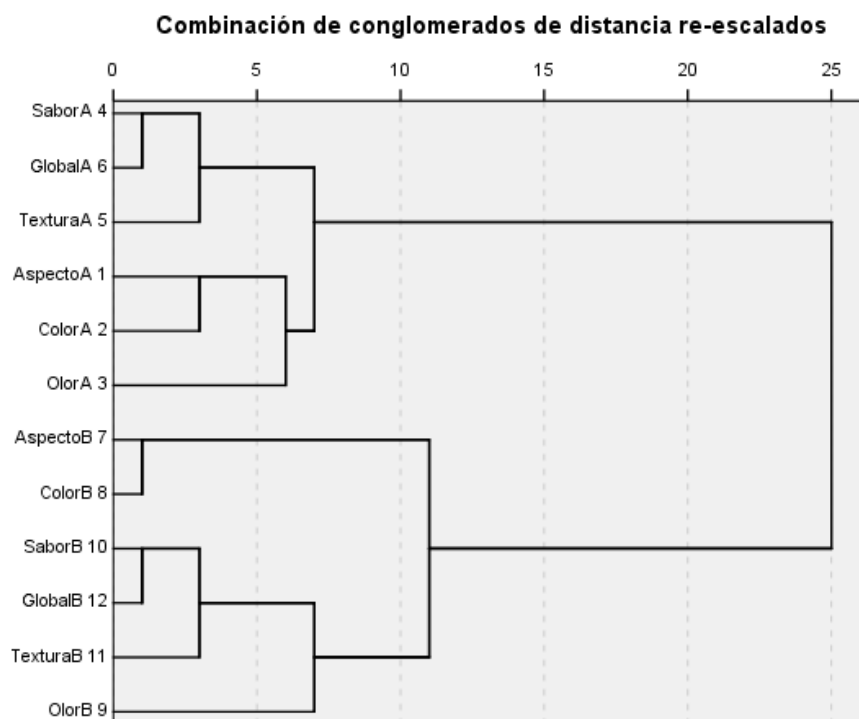
TOMATE	Correlaciones	Spearman
Ecológico	Sabor-Global	***
	Textura- Global	***
Convencional	Sabor-Global	***
	Textura- Global	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Con el fin de representar la asociación entre los resultados obtenidos en todas las variables sensoriales, se realiza un análisis de conglomerados sobre los descriptores sensoriales y la aceptación global.

En el dendrograma (Figura 70) se observan dos grupos de descriptores diferenciados, uno para el producto ecológico y otro para el producto convencional.

Cuanto más a la izquierda del dendrograma se establezca la conexión entre grupos de variables, menos diferencias hay entre los grupos de variables, así la distancia más pequeña con respecto a la aceptación global corresponde al sabor. Estos resultados se corresponden con los obtenidos al aplicar la prueba de Spearman (Tabla 31).

Dendrograma que utiliza una vinculación de Ward**Figura 70. Dendrograma para los descriptores y aceptación global del tomate**

Una vez evaluados el tomate ecológico y el tomate convencional en función de sus características organolépticas, se pregunta a los consumidores, cuál prefiere.

Un 63,1% de los encuestados prefiere el tomate ecológico, siendo esta diferencia estadísticamente significativa según el test de Chi-cuadrado ($p \leq 0,001$).

A continuación, se procede a estudiar si hay diferencias en cada uno de los descriptores (aspecto, color, olor, sabor, textura y valoración global), tanto para el tomate ecológico como convencional, en función de la preferencia del consumidor por un tipo u otro de tomate. Para ello se aplica la prueba no paramétrica de dos muestras independientes U de Mann-Whitney.

En la Tabla 32, se observa que para todos los descriptores tanto de tomate ecológico como convencional, hay diferencias significativas en función de la preferencia. Gráficamente se muestra esta relación en la Figura 71.

Tabla 32. Resultado del test U de Mann-Whitney al relacionar las valoraciones de atributos individuales y la preferencia entre tomate ecológico y convencional

TOMATE	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Ecológico	***	***	***	***	***	***
Convencional	*	**	*	***	***	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

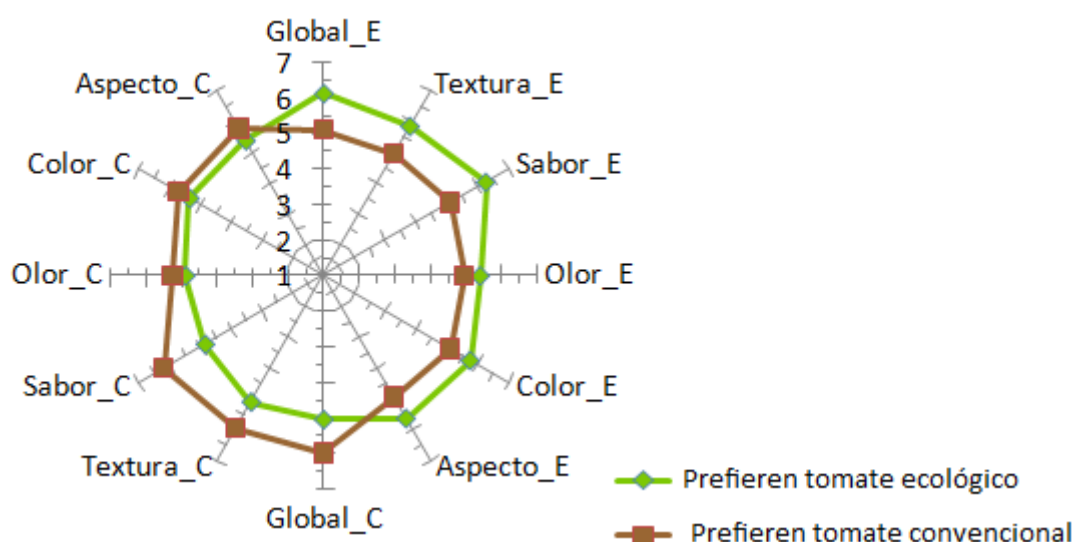


Figura 71. Valoración media de los aspectos sensoriales según la preferencia de tomate

El perfil radial con las valoraciones medias de los dos grupos de consumidores según su preferencia, se muestra en la Figura 72. Se observa, como era de esperar, que los consumidores que prefieren el tomate ecológico dan mayor puntuación a los descriptores de tomate ecológico, mientras que los que prefieren el tomate convencional lo hacen de forma inversa.

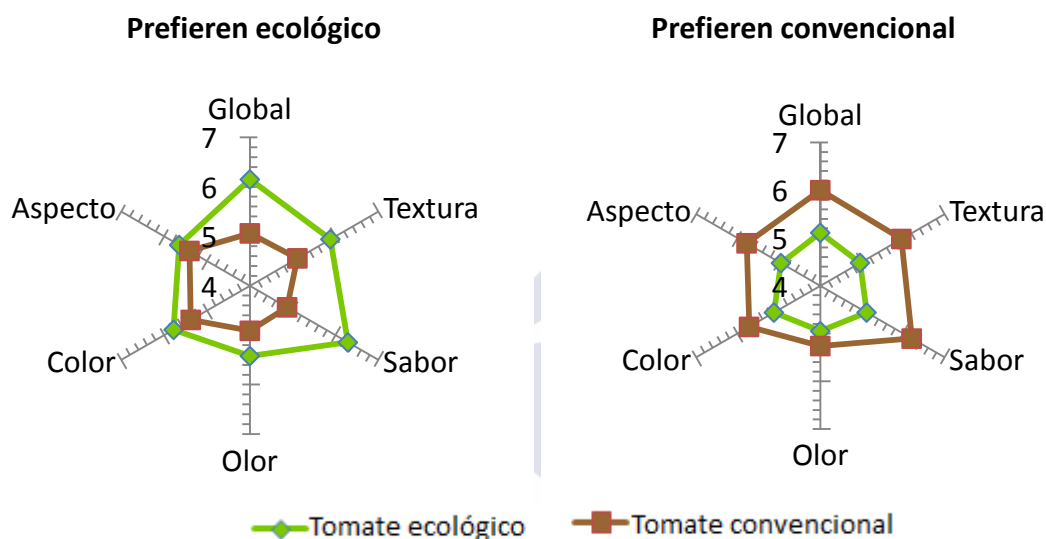


Figura 72. Representación radial de la relación entre los atributos individuales y la preferencia del tomate

A continuación, se aplica la prueba Chi-cuadrado de independencia para conocer la relación entre la preferencia del tomate ecológico o convencional y las características sociodemográficas de los encuestados o sus hábitos de consumo de productos vegetales, obteniendo que entre estos parámetros no se encuentra ningún tipo de relación (Tabla 33).

Tabla 33. Resultado de la prueba Chi-cuadrado entre las características sociodemográficas, hábitos de consumo de productos vegetales y la preferencia del tomate (ecológico o convencional)

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	ns
Situación laboral	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	ns
Frecuencia de compra de productos vegetales	ns
Lugar principal de abastecimiento	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Por último, interesa conocer si la preferencia de un tipo de cultivo u otro (ecológico o convencional) está relacionado con el conocimiento y compra de productos ecológicos, obteniéndose mediante la prueba Chi-cuadrado de independencia ($p > 0,05$) que no hay relación alguna entre ellos.

4.6.3 Kiwi

En cuanto a la valoración de la aceptación global del kiwi procedente de los dos sistemas de cultivo también son las categorías “me gusta”, “me gusta ligeramente” y “me gusta mucho” las que acumulan mayor porcentaje de respuesta (Figura 73).

Las valoraciones correspondientes al resto de atributos sensoriales (aspecto, color, olor, sabor y textura) son similares, siendo también las categorías “me gusta”, “me gusta ligeramente” y “me gusta mucho” las que reciben un mayor porcentaje de respuesta en ambos productos.



Figura 73. Valoración global del kiwi ecológico y convencional

En cuanto a la valoración de los atributos sensoriales (aspecto, color, olor, sabor, textura y aceptación global), en la tabla 34 se representan las valoraciones medias otorgadas por los consumidores para cada tipo de kiwi. Se puede observar que en todos los descriptores, el kiwi convencional recibe una puntuación media más alta que el kiwi ecológico. Lo mismo ocurre con la valoración media de la aceptación global ya que es más alta para el kiwi convencional.

Tabla 34. Resultado de las valoraciones medias otorgadas por los consumidores al kiwi ecológico y convencional

KIWI	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Ecológico	5,39	5,42	5,37	5,57	5,43	5,54
Convencional	5,65	5,66	5,53	5,75	5,57	5,70

La representación radial de las puntuaciones medias de cada uno de los descriptores, para el kiwi ecológico y convencional se recoge en la Figura 74.

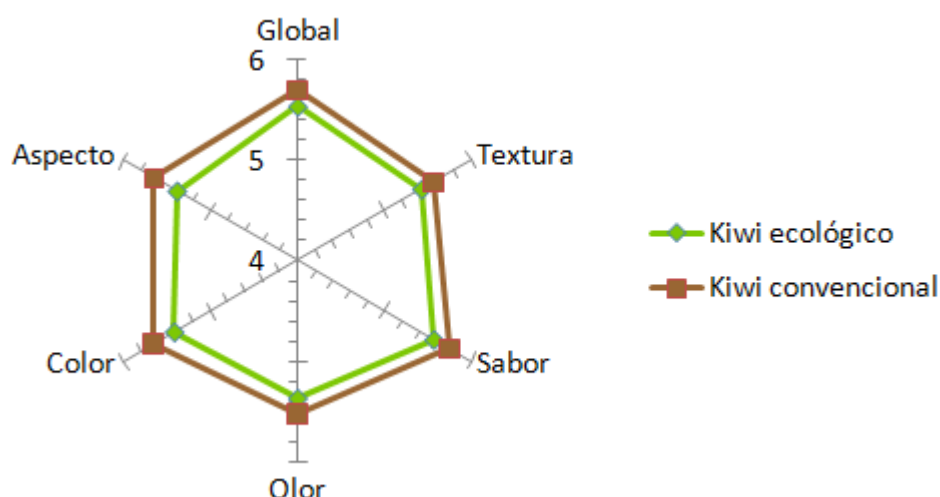


Figura 74. Representación radial de las valoraciones medias otorgadas por los consumidores a cada tipo de kiwi

Para conocer si existen diferencias significativas entre las puntuaciones medias otorgadas al kiwi ecológico y convencional, se ha aplicado el test de Wilcoxon del cual se obtiene que la mayor puntuación media recibida por el kiwi convencional da lugar a diferencias significativas, entre las dos muestras de kiwi (ecológica y convencional), en los descriptores aspecto, color, olor y sabor (Tabla 35).

Tabla 35. Resultado del test de Wilcoxon sobre las valoraciones otorgadas al kiwi por los consumidores

KIWI	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Z de Wilcoxon	**	**	*	*	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

A partir de las puntuaciones dadas por los consumidores en la valoración del kiwi ecológico y convencional, se analiza la correlación entre descriptores, empleando para ello la prueba de Spearman. Igual que ocurre en fresa y tomate, en todos los casos las correlaciones son significativas destacando que los valores máximos de los coeficientes de correlación se obtienen entre la valoración global, y el sabor y la textura (Tabla 36).

Tabla 36. Correlaciones entre descriptores en kiwi

KIWI	Correlaciones	Spearman
Ecológico	Sabor-Global	***
	Textura- Global	***
Convencional	Sabor-Global	***
	Textura- Global	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En el dendograma obtenido tras el análisis de conglomerados (Figura 75) se observan dos grupos de descriptores diferenciados, uno para el kiwi ecológico y otro para el kiwi convencional.

Cuanto más a la izquierda del dendograma se establezca la conexión entre grupos de variables, menos diferencias hay entre los grupos de variables, así la distancia más pequeña con respecto a la aceptación global corresponde al sabor. Estos resultados se corresponden con los obtenidos al aplicar la prueba de Spearman (Tabla 31).

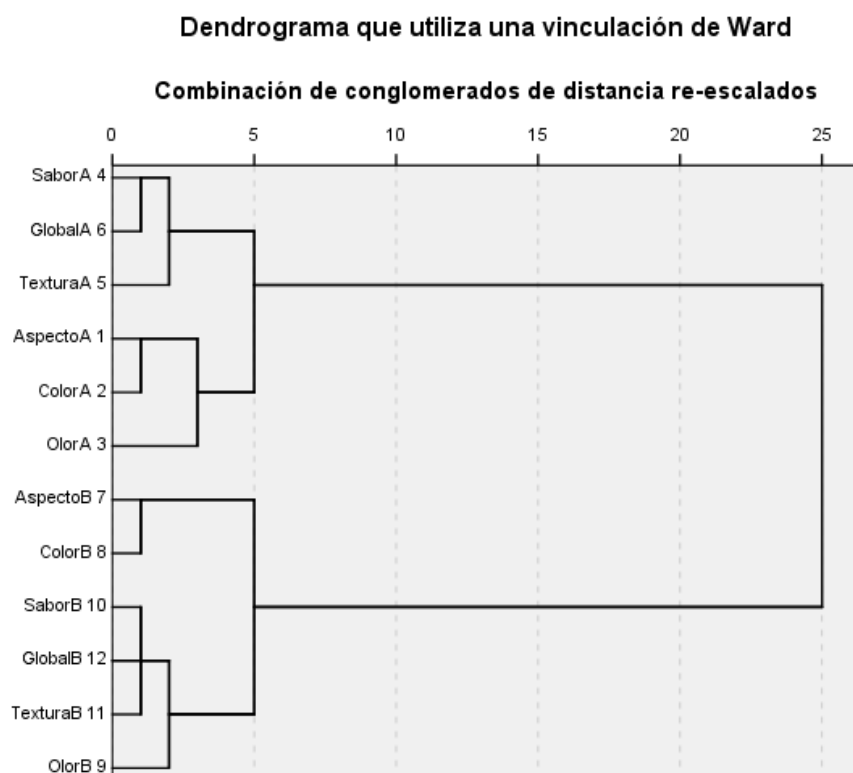


Figura 75. Dendograma para los descriptores y aceptación global del kiwi

Después de evaluar los dos tipos de kiwi (ecológico y convencional) en función de sus características organolépticas, se les pregunta a los consumidores, cuál prefiere. Un 66,9% de los encuestados prefieren el kiwi convencional, la mayor preferencia por el kiwi convencional da lugar a una diferencia significativa según indica el test de Chi-cuadrado ($p \leq 0,001$).

Aplicando la prueba no paramétrica de dos muestras independientes U de Mann-Whitney, se puede conocer si en función de la preferencia del consumidor por un tipo u otro de kiwi, hay diferencias en cada uno de los descriptores evaluados (aspecto, color, olor, sabor, textura y valoración global), tanto para el kiwi ecológico como convencional.

En la Tabla 37, se observa que para todos los descriptores tanto de kiwi ecológico como convencional, hay diferencias significativas en función de la preferencia. Gráficamente se muestra esta relación en la Figura 76.

Tabla 37. Resultado del test U de Mann-Whitney al relacionar las valoraciones de atributos individuales y la preferencia entre kiwi ecológico y convencional

KIWI	Aspecto	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación global
Ecológico	***	***	***	***	***	***
Convencional	***	***	***	***	***	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

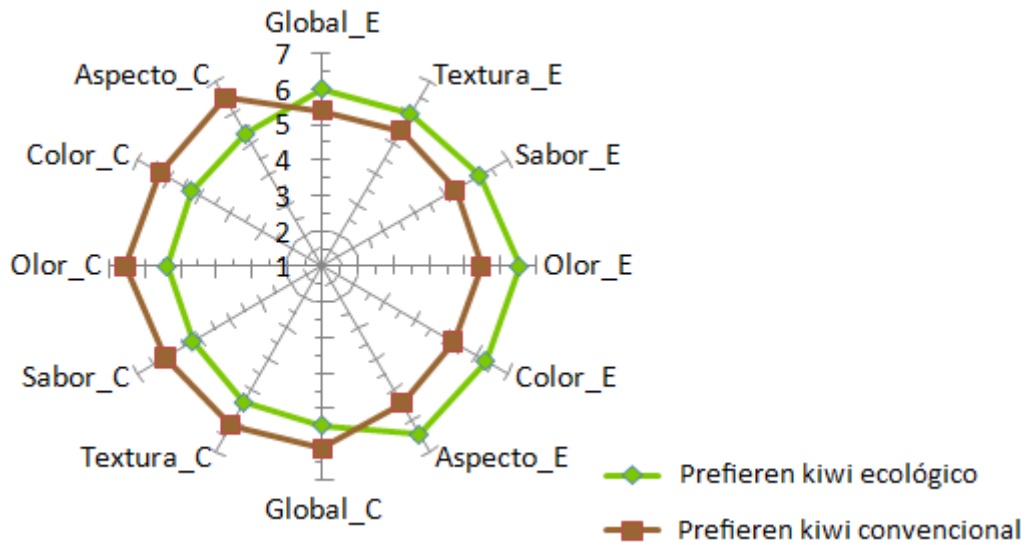


Figura 76. Valoración media de los aspectos sensoriales según la preferencia del kiwi

El perfil radial con las valoraciones medias de los dos grupos de consumidores según su preferencia, se muestra en la Figura 77. Se observa, como es de esperar, que los consumidores que prefieren el kiwi ecológico dan mayor puntuación a los descriptores de kiwi ecológico, mientras que los que prefieren el kiwi convencional, otorgan mayores puntuaciones medias al kiwi convencional.

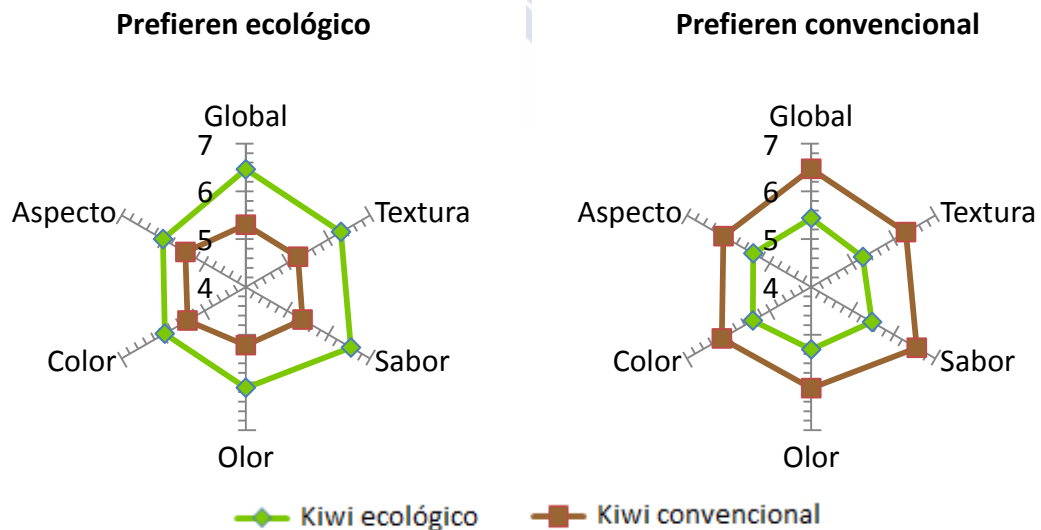


Figura 77. Representación radial de la relación entre los atributos individuales y la preferencia del kiwi

Al relacionar la preferencia del kiwi ecológico y convencional con las características sociodemográficas de los encuestados o mediante la prueba Chi-cuadrado de independencia, se obtiene que no hay ningún tipo de relación entre estos parámetros (Tabla 38).

Tabla 38. Resultado de la prueba Chi-cuadrado entre las características sociodemográficas, hábitos de consumo de productos vegetales y la preferencia del kiwi (ecológico o convencional)

	Chi-cuadrado
Sexo	ns
Edad	ns
Nivel de estudios	ns
Situación laboral	ns
Ingresos medios	ns
Responsable de compra	ns
Frecuencia de compra de productos vegetales	ns
Lugar principal de abastecimiento	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Por último, para conocer si la preferencia de un tipo de cultivo u otro (ecológico o convencional) está relacionada con el conocimiento y compra de productos ecológicos, se aplica la prueba Chi-cuadrado de independencia ($p > 0,05$), obteniéndose que no hay relación alguna entre ellos.

4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL POR PARTE DE LOS CATADORES

4.7.1 Fresa



En la tabla 39 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm en fresa. Además, se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del test t-Student al comparar las evaluaciones obtenidas en la fresa procedente de cultivo ecológico y convencional.

Tabla 39. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores de escala no estructurada, en fresa, y test t-Student (ecológico vs convencional)

	Ecológica	Convencional	t-Student
Intensidad del color externo	7,5 \pm 1,0	5,8 \pm 1,5	***
Dureza en mano (firmeza)	4,2 \pm 1,9	4,2 \pm 1,4	ns
Rugosidad externa	3,1 \pm 1,5	5,6 \pm 1,7	***
Resistencia al corte	4,6 \pm 1,7	4,5 \pm 1,6	ns
Intensidad de color interno	6,8 \pm 1,7	6,1 \pm 1,9	ns
Intensidad olor fresa cortada	6,4 \pm 1,6	6,1 \pm 1,4	ns
Jugosidad	6,5 \pm 1,6	5,8 \pm 1,8	ns
Consistencia	4,8 \pm 1,1	5,2 \pm 1,5	ns
Sabor ácido	4,6 \pm 1,7	5,1 \pm 1,7	ns
Sabor dulce	3,7 \pm 1,4	3,7 \pm 1,3	ns
Persistencia al regusto	5,4 \pm 1,0	6,2 \pm 1,4	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

A nivel sensorial, se encuentran diferencias significativas en el descriptor “intensidad del color externo” ($p \leq 0,001$), de modo que, es la fresa ecológica la que presenta mayor intensidad de color externo (Tabla 39).

Teniendo en cuenta las referencias de la escala (color *Pantone*® 155 u  y color *Pantone*® 1817 c ) la fresa ecológica presenta un color rojo más oscuro que la fresa convencional. *Crecente-Campo y col.* (2012) obtienen resultados concordantes a nivel físico-químico, ya que la fresa ecológica presenta un rojo más intenso según los parámetros de color CIE $L^*a^*b^*$ y además tiene un mayor contenido en antocianinas.

En el descriptor “intensidad de color interno”, los catadores también otorgan mayor puntuación a la fresa ecológica aunque en este caso la diferencia entre los dos sistemas de cultivo (ecológico y convencional) no es significativa ($p > 0,05$).

Relacionado con el color, tal como se muestra en el apartado 4.6.1 (Tablas 24 y 25) los consumidores otorgan una puntuación media significativamente mayor ($p \leq 0,05$) a la fresa convencional. Esto indica que a los consumidores les gusta más la fresa con una intensidad de color más clara (convencional) y no tan oscura como la fresa ecológica.

Por el contrario, en cuanto al sabor, la fresa ecológica es la que más gusta (apartado 4.6.1 Tablas 24 y 25) lo que puede estar relacionado con la menor puntuación asignada por los catadores en el sabor ácido (Tabla 39). De acuerdo con este resultado, *Nunes-Damaceno* (2007) obtiene, a nivel físico-químico, que la acidez de la fresa ecológica es significativamente menor que la de la fresa convencional.

Desde el punto de vista sensorial también se encuentran diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo (ecológico y convencional) en el descriptor “rugosidad externa”, siendo la fresa convencional la que presenta una rugosidad externa significativamente mayor ($p \leq 0,001$) (Tabla 39). Los consumidores valoran mejor el aspecto de la fresa convencional (Tabla 24).

Teniendo en cuenta los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos, al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson se obtiene relación significativa entre los descriptores “color de las semillas” ($p \leq 0,001$), “presencia/ausencia de polvo” ($p \leq 0,05$) y “presencia/ausencia de semillas después de tragar” ($p \leq 0,05$) y el sistema de cultivo (ecológico y convencional) (Tabla 40).

Tabla 40. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en fresa

	X² Pearson (eco vs conv)
Color de las semillas	**
Polvo	*
Magulladuras	ns
Cortes	ns
Olor a verde	ns
Olores extraños	ns
Semillas durante la masticación	ns
Aromas extraños	ns
Semillas después de tragar	***

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Respecto al color de las semillas, el 78,1% de las semillas de la fresa ecológica son de color dorado mientras que en las muestras de fresa convencional este porcentaje es inferior, del 43,8% (Figura 78).

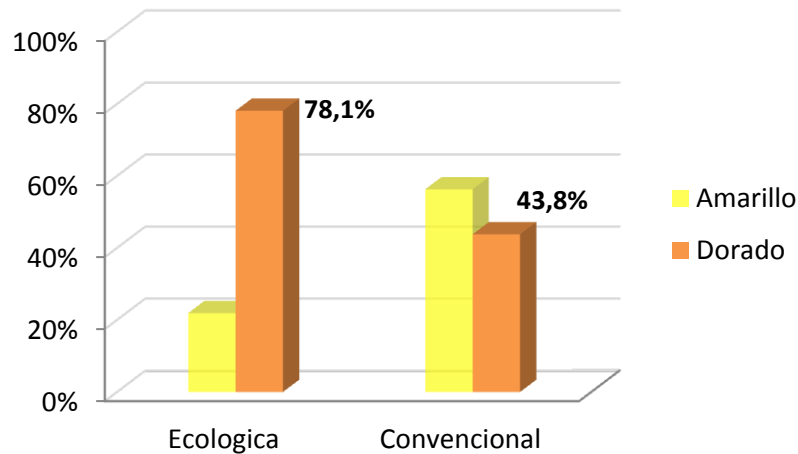


Figura 78. Descriptor “color de las semillas” en fresa

Dado que a los consumidores, les gustan más las fresas convencionales, en cuanto al aspecto externo (apartado 4.6.1 Tabla 24), si se tiene en cuenta el color de las semillas (Figura 78) se encuentra que los consumidores valoran de forma positiva que las fresas presenten semillas de color amarillo y no dorado en el exterior unido a la mayor rugosidad. Asimismo, las muestras de fresa convencional presentan menor porcentaje de polvo (3,1%) que las muestras de fresa ecológica (18,8%) (Figura 79) lo que también puede estar relacionado con la puntuación significativamente mayor ($p \leq 0,001$) dada por los consumidores, a la fresa convencional, en cuanto al aspecto externo.

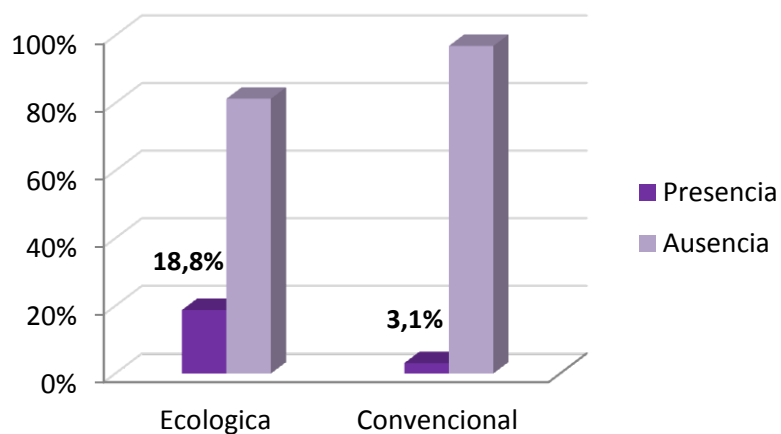


Figura 79. Descriptor “presencia/ausencia de polvo” en fresa

La mayor presencia de semillas después de tragar en el producto convencional (75,0%) (Figura 80) parece no tener influencia en la valoración de la fresa por el consumidor, ya que, en cuanto a la textura, no se encuentran diferencias significativas ($p>0,05$), entre los dos sistemas de cultivo.

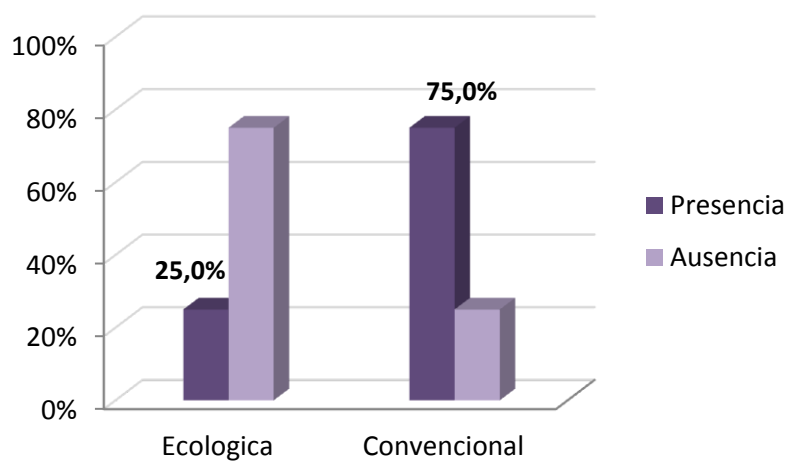


Figura 80. Descriptor “semillas después de tragar” en fresa

4.7.2 Tomate

En la tabla 41 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm en tomate. Además, se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del test t-Student al comparar las evaluaciones obtenidas en el tomate ecológico y tomate convencional.

Tabla 41. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores de escala no estructurada, en tomate, y test t-Student (ecológico vs convencional)

	Ecológico	Convencional	t-Student
Color externo	3,7 \pm 2,5	3,7 \pm 2,3	ns
Intensidad del olor externo	3,1 \pm 2,0	3,6 \pm 1,8	ns
Firmeza	5,0 \pm 2,5	5,7 \pm 2,0	ns
Intensidad del olor interno	5,5 \pm 1,9	6,0 \pm 1,9	ns
Color interno	3,6 \pm 2,3	3,6 \pm 2,2	ns
Jugosidad	6,8 \pm 1,9	6,6 \pm 1,9	ns
Consistencia	4,7 \pm 2,1	4,6 \pm 2,5	ns
Resistencia a la masticación de la piel	5,7 \pm 2,1	5,3 \pm 2,4	ns
Sabor ácido	3,2 \pm 2,2	3,5 \pm 2,4	ns
Sabor dulce	3,1 \pm 2,2	3,0 \pm 2,0	ns
Sabor salado	2,8 \pm 1,6	3,3 \pm 1,9	ns
Persistencia del sabor	4,4 \pm 2,2	4,5 \pm 2,3	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Desde el punto de vista sensorial no se obtienen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el tomate ecológico y el tomate convencional en ninguno de los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm (Tabla 41).

Tal como se ha indicado previamente (apartado 4.6.2 Tablas 29 y 30), a los consumidores les gusta más el tomate ecológico por el sabor, lo que puede estar relacionado con la menor puntuación asignada por los catadores en el sabor ácido y la mayor puntuación en el sabor dulce. Asimismo, *Ordoñez-Santos* (2006) encuentra diferencias significativas entre sistemas de cultivo, siendo el tomate ecológico el que posee un contenido significativamente mayor ($p \leq 0,001$) de los azúcares mayoritarios del tomate (fructosa y glucosa).

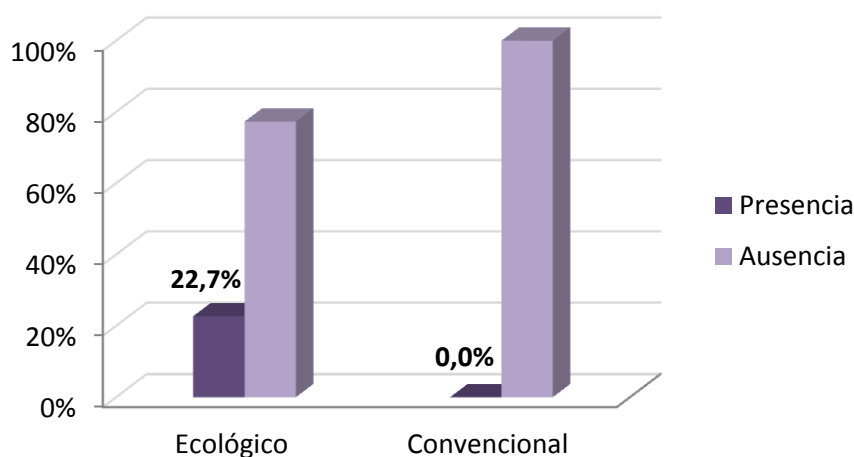
Analizando los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos, mediante el test Chi-cuadrado de Pearson, únicamente se obtiene relación significativa ($p \leq 0,05$) en el descriptor “presencia/ausencia de picotazos” (Tabla 42).

Tabla 42. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en tomate

	X² Pearson (eco vs conv)
Uniformidad del color	ns
Forma	ns
Lobulación	ns
Defectos	ns
Daños mecánicos	ns
Manchas	ns
Picotazos	*
Puntos	ns
Enfermedad	ns
Grietas	ns
Desprendimiento de la parte viscosa	ns
Simetría de la forma	ns
Aromas extraños	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Mientras que el 22,7% de las muestras de tomate ecológico presentan picotazos, ninguna de las muestras de tomate convencional los presentan (Figura 81), esto podría ser una de las causas de que a los consumidores les guste menos en cuanto al aspecto externo.

**Figura 81. Descriptor “picotazos” en tomate**

4.7.3 Kiwi



En la tabla 43 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm en kiwi. Además, se

recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del test t-Student al comparar las evaluaciones obtenidas en el kiwi procedente de cultivo ecológico y kiwi procedente de cultivo convencional.

Tabla 43. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores de escala no estructurada, en kiwi, y test t-Student (ecológico vs convencional)

	Ecológico	Convencional	t-Student
Intensidad del olor externo	1,7 \pm 1,7	1,7 \pm 1,5	ns
Dureza externa	7,3 \pm 1,9	8,0 \pm 1,5	ns
Abundancia de pelos	5,2 \pm 2,1	4,6 \pm 2,4	ns
Intensidad del olor interno	5,3 \pm 2,2	5,0 \pm 2,1	ns
Color de la pulpa	4,3 \pm 2,3	5,9 \pm 2,1	***
Intensidad del flavor	6,5 \pm 1,0	5,8 \pm 1,2	**
Sabor dulce	4,2 \pm 2,0	4,0 \pm 2,0	ns
Sabor ácido	5,4 \pm 2,1	5,5 \pm 1,8	ns
Jugosidad	6,4 \pm 1,1	5,5 \pm 1,4	**
Consistencia	4,3 \pm 2,0	5,2 \pm 2,1	ns
Fibrosidad	4,9 \pm 1,7	4,8 \pm 1,6	ns
Astringencia	4,6 \pm 2,3	5,3 \pm 2,3	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tal como se muestra en la tabla 43, a nivel sensorial se encuentran diferencias significativas ($p \leq 0,001$), entre los sistemas de cultivo, en el descriptor “color de la pulpa” siendo el kiwi convencional el que obtiene una puntuación media más alta, es decir, tiene un color verde significativamente más oscuro según las referencias de la escala (color *Pantone*® 373 c  y color *Pantone*® 575 c ).

Este resultado se corresponde con el obtenido por *Nunes-Damaceno* (2007), al determinar el color CIE $L^*a^*b^*$ de kiwis de la misma variedad, ya que el producto de origen convencional tiene valores de tono H° mayores que el ecológico, por lo tanto posee un color verde más intenso.

Relacionado con el color, los consumidores valoran positivamente que el color del kiwi tenga una tonalidad más oscura, ya que, el kiwi convencional gusta más que el ecológico en cuanto al color (apartado 4.6.3 Tablas 34 y 35).

A nivel sensorial también se encuentran diferencias significativas ($p \leq 0,01$), en el descriptor “intensidad del flavor” (Tabla 43), de modo que, es el kiwi ecológico el que obtiene mayores puntuaciones en la escala. Esta mayor intensidad del flavor en el producto ecológico parece no gustar a los consumidores, ya que, teniendo en cuenta

que el flavor, es un atributo organoléptico relacionado con las sensaciones olfativas y gustativas, en cuanto a olor y sabor, a los consumidores le gusta más el kiwi convencional (apartado 4.6.3 Tablas 34 y 35).

Lo mismo ocurre con el descriptor “jugosidad”, los catadores encuentran que la jugosidad del kiwi ecológico es significativamente mayor ($p \leq 0,01$) que la del kiwi convencional (Tabla 43), sin embargo a los consumidores les gusta más que el kiwi sea menos jugoso y más consistente, ya que, en cuanto a la textura también es el kiwi convencional el mejor valorado (apartado 4.6.3 Tablas 34 y 35).

Al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson, a los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos, se obtiene relación significativa en los descriptores “restos vegetales en el receptáculo” ($p \leq 0,05$) y “manchas externas” ($p \leq 0,01$) (Tabla 44).

Tabla 44. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en kiwi

	X² Pearson (eco vs conv)
Forma	ns
Uniformidad del color externo	ns
Restos vegetales en el receptáculo	*
Manchas externas	**
Picaduras externas	ns
Golpes, mazaduras externas	ns
Deformidades externas	ns
Olores internos extraños	ns
Golpes internos	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Las muestras de kiwi ecológico tienen mayor porcentaje (57,1%) de restos vegetales en el receptáculo que el kiwi convencional (35,7%) pero menor porcentaje de manchas (2,4%) que el convencional (21,4%) (Figuras 82 y 83).

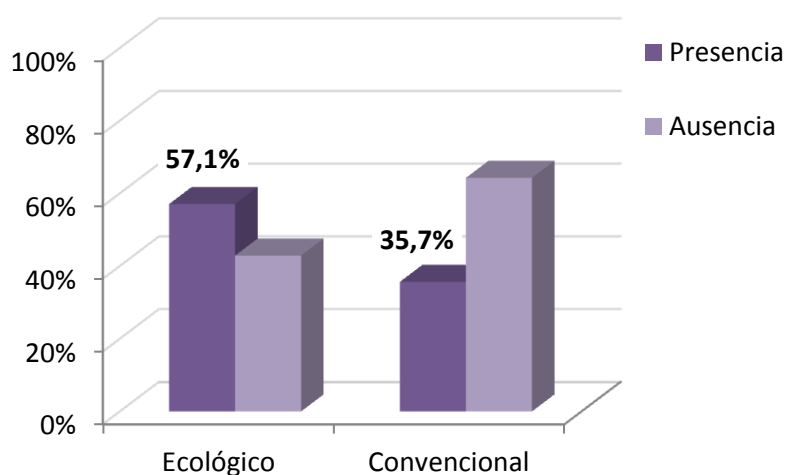


Figura 82. Descriptor “restos vegetales en el receptáculo” en kiwi

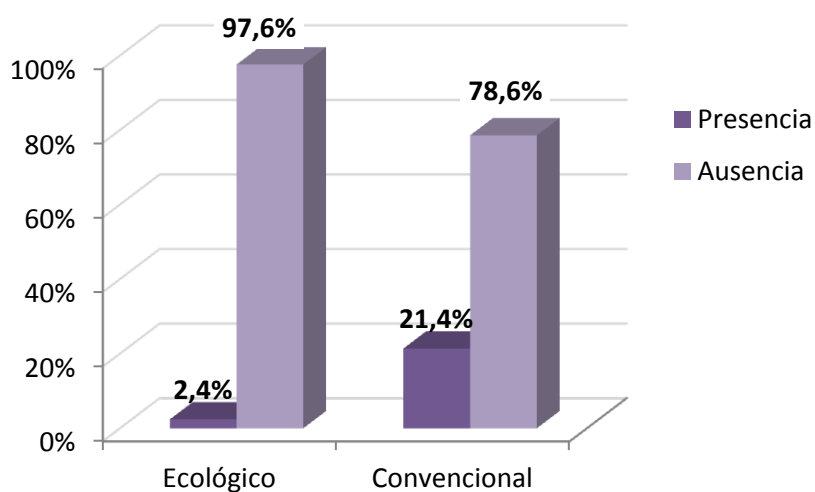


Figura 83. Descriptor “manchas” en kiwi

A pesar de esto es también el kiwi procedente de cultivo convencional el mejor valorado por los consumidores en cuanto a su aspecto externo (apartado 4.6.3 Tablas 34 y 35). Parece que la presencia de manchas no influye en la elección entre el kiwi ecológico o convencional, ya que el 66,9% de los encuestados se decantan por el kiwi convencional.





Capítulo I

5. CONCLUSIONES



- El 81,3% de los encuestados sabe lo que son los productos ecológicos. Estos consumidores se caracterizan porque tienen, mayoritariamente, una edad inferior a los 49 años, poseen estudios superiores, están en activo y presentan un nivel de ingresos alrededor y superior a la media (considerada en 1700€/mes/hogar).
- El desconocimiento de los productos ecológicos corresponde, sobre todo, a personas mayores, jubilados o amas de casa, y sin estudios o con educación primaria.
- Los consumidores que compran productos ecológicos (24,8%) se caracterizan por poseer estudios superiores, percibir unos ingresos por encima de la media, consumir productos vegetales de entre 1 y 3 veces a la semana y abastecerse de los mismos en supermercados y tiendas tradicionales (fruterías, mercados,...) mayoritariamente.
- En cuanto a los consumidores de alimentos ecológicos, el 54,8% lo hacen de forma ocasional, se abastecen principalmente en hipermercados y supermercados y los productos consumidos mayoritariamente (55,6%), son frutas y verduras.
- Los motivos principales para la compra de productos procedentes de la agricultura ecológica son que, son más sanos y más respetuosos con el medio ambiente.
- Los motivos principales para que los consumidores no compren productos procedentes de la agricultura ecológica son su elevado precio, que no los conocen lo suficiente y la dificultad para encontrarlos.
- La evaluación de las características sensoriales: aspecto, color, olor, sabor, textura y valoración global, por parte de los consumidores, no permite hacer una diferenciación entre los productos ecológicos y convencionales, ya que depende del producto evaluado.
- La preferencia, por un producto ecológico o convencional depende igualmente del producto estudiado. Los consumidores prefieren el tomate ecológico, el kiwi convencional y en la fresa no hay una preferencia clara por ninguno de los dos tipos.
- Existen diferencias puntuales en las características organolépticas evaluadas por un panel de catadores entrenado entre los productos ecológicos y convencionales que justifican en gran medida la elección del consumidor.





Capítulo II

INFLUENCIA DEL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA, EN FORMATO PALET, SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y FÍSICO-QUÍMICAS DE PRODUCTOS VEGETALES





Capítulo II

1. INTRODUCCIÓN



1.1 CONSERVACIÓN EN ATMÓSFERA MODIFICADA

Un factor importante a tener en cuenta en la producción de hortalizas es la conservación una vez realizada la cosecha, es decir, el almacenamiento postcosecha.

Los productos vegetales, durante su almacenamiento, sufren una serie de alteraciones y cambios indeseables que, con el paso del tiempo, provocan que no sean aptos para la distribución. La respiración, la transpiración y la producción de etileno son los factores que contribuyen de forma mayoritaria al deterioro de las frutas y vegetales (*Embuscado y Huber, 2009; Sandhya, 2010*).

Estas alteraciones pueden ser cambios en el color como pardeamientos, degradación y/o oxidación de pigmentos, alteraciones del aspecto (arrugamiento, marchitamiento), alteraciones en la textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de crocancia y de jugosidad) producidos por la pérdida de agua o deshidratación superficial durante la respiración y transpiración, y otras alteraciones producidas por el desarrollo de microorganismos, que en el caso de las frutas y hortalizas, son causadas fundamentalmente por hongos como *Botrytis*, *Penicilium*, *Monilia* y *Alternaria* que originan podredumbre (*Shafiur, 2002; Raffo y col., 2007*)

En general, hay una relación inversa entre la respiración de las hortalizas y la duración postcosecha, de forma que cuanto mayor es la respiración, menor es la vida útil.

Como consecuencia de estas alteraciones, en los últimos años hay una tendencia a innovar en técnicas de conservación para incrementar la vida útil de los alimentos.

El hecho de querer prolongar la vida útil de los alimentos frescos, tiene un evidente componente económico puesto que así se consiguen mayores beneficios de producción. Por una parte se consigue abastecer los mercados durante periodos de tiempo más largos. Por otra la globalización de los mercados también implica grandes desplazamientos de mercancía de una provincia a otra o incluso entre países, por lo que sistemas de conservación que permitan aumentar la vida útil de los alimentos, llegando al consumidor con la mayor calidad y mínimo deterioro, generan más posibilidades de mercado.

En este sentido, una de las técnicas más utilizadas para prolongar la vida útil de frutas y verduras frescas es el “envasado en atmósfera modificada”, EAM (Modified Atmosphere Packaging, MAP).

1.1.1 Concepto de envasado en atmósfera modificada (EAM)

Aunque el envasado en atmósfera modificada, hoy en día no está considerada como una nueva tecnología de conservación de alimentos como pueden ser las altas presiones, los pulsos de luz, el uso de bacteriocinas, etc., la importancia práctica de este tipo de envasado se refleja en el hecho de que el IFT (Institute of Food Technologists) lo consideró durante 50 años (1939-1989) como una de las diez innovaciones más significativas en Ciencia de los Alimentos (*García-López, 2010*).

Algunos autores usan indistintamente el término “envasado en atmósfera protectora”, EAP (Protective Atmosphere Packaging, PAP) (*Kader, 2002; Olivares y col., 2012*), para referirse a la misma técnica de conservación. Sin embargo, el uso de “envasado en atmósfera controlada” (Controlled Atmosphere Packaging, CAP) es incorrecto, ya que se trata de una técnica de conservación diferente, en la que el producto no está envasado.

En el EAM, el paquete se cierra herméticamente tras la introducción de los gases y, a partir de ese momento, no se puede variar la composición de la atmósfera interna a voluntad como sucede en el CAP (*García-Iglesias y col., 2006*).

El EAM consiste en una técnica de conservación de alimentos envasados en films plásticos con una permeabilidad definida, cuyo fundamento es el cambio de las condiciones gaseosas iniciales del entorno inmediato del producto como consecuencia de su metabolismo y la barrera semipermeable que supone el embalaje (*Romero y col., 1996*).

Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela (2008) la describen como una técnica de conservación que consiste en envasar los productos alimenticios en materiales con barrera a la difusión de los gases, en los cuales el ambiente gaseoso ha sido modificado para disminuir el grado de respiración, reducir el crecimiento microbiano y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de alargar la vida útil del producto.

De forma más general, *García-López (2010)* define el EAM como el envasado de un producto perecedero en una atmósfera que ha sido modificada de forma que su composición es distinta de la del aire. Su objetivo principal consiste en permitir alargar la vida útil de los productos sin detrimento de sus cualidades organolépticas.

1.1.2 Componentes básicos del envasado en atmósfera modificada (EAM)

1.1.2.1 El gas de envasado

El EAM puede contener un único gas o una mezcla de varios de ellos. Normalmente se utilizan los mismos gases presentes en el aire (figura 84) aunque se combinan en una proporción distinta.

Gases mayoritarios (vol. aprox.)	Otros gases (volumen total < 0,012%)	
Nitrógeno (78,03%)	Helio	Dióxido de nitrógeno
Oxígeno (20,99%)	Hidrógeno	Monóxido de carbono
Argón (0,94%)	Óxido nitroso	Dióxido de azufre
Dióxido de carbono (0,03%)	Ozono	Vapor de agua

Figura 84. Composición del aire (García-Iglesias y col., 2006)

Los principales gases usados comercialmente son el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂) y el nitrógeno (N₂) (Almenar, 2005; Hudecová y col., 2010).

Estos gases pueden adquirirse puros, para combinarlos en el equipo de envasado, o como mezclas prediseñadas. De acuerdo a los requerimientos del productor se comercializan en distintos formatos: gases comprimidos en cilindros, gases licuados (dióxido de carbono y nitrógeno) que se almacenan en depósitos de distinta capacidad y también plantas para su producción *in situ* (oxígeno y nitrógeno) a partir del aire. La elección de uno u otro sistema de suministro varía en función del tipo de alimento, el volumen de gas consumido para el envasado, la maquinaria utilizada, la logística de la empresa, etc. (García-Iglesias y col., 2006).

La acción preservativa del dióxido de carbono sobre los alimentos, es conocida desde hace un siglo, pero no se utilizó para prolongar la vida útil de los alimentos hasta los años 1920-1930.

Los primeros experimentos se realizaron en manzanas por Kidd y West en Inglaterra y Smock y Allen en los Estados durante la década de 1930 (Blandón-Navarro, 2010).

Los gases de envasado son considerados aditivos alimentarios, según se recoge en el *Real Decreto 142/2002* (modificado por el *Real Decreto 698/2007*). En el artículo 2 definen los gases de envasado como “los gases distintos del aire, introducidos en un envase antes, durante o después de colocar en él un producto alimenticio”.

Como aditivos que son, se les asigna la letra E a los gases presentes en la lista de aditivos autorizados en nuestro país (*Real Decreto 142/2002*). Estos compuestos pueden añadirse a todos los productos alimenticios según el principio de *quantum satis*. Esta expresión indica que no hay especificado un nivel máximo de uso. Se utilizan según las buenas prácticas de fabricación, a concentraciones que no sean superiores a las necesarias para conseguir el objetivo pretendido (García-Iglesias y col., 2006).

Tabla 45. Gases presentes en la lista de aditivos (*Real Decreto 142/2002*)

Número E	Gas
E-290	Dióxido de Carbono
E-938	Argón
E-939	Helio
E-941	Nitrógeno
E-942	Óxido nitroso
E-948	Oxígeno
E-949	Hidrógeno

Se debe tener en cuenta también que en el caso de los productos cuya duración se ha prolongado por el empleo de gases de envasado debe añadirse obligatoriamente la indicación adicional “envasado en atmósfera protectora” en su etiquetado, además de incluir una serie de datos relativos a su denominación de venta, fecha de caducidad, lista de ingredientes, lote, etc. comunes a todos los productos alimenticios, tal y como se establece en el Anexo III del *Real Decreto 890/2011* sobre etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.

El oxígeno (O₂)

Se trata de un gas incoloro, inodoro e insípido que se obtiene por destilación fraccionada del aire. Se trata de un gas altamente reactivo y comburente, es decir, que favorece las reacciones de combustión (García-Iglesias y col., 2006; Sandhya, 2010).

El deterioro de los alimentos puede estar provocado por factores físicos, químicos y microbiológicos. Probablemente el oxígeno es el gas más importante en este contexto. Por esta razón, en el EAM, se elimina el oxígeno o se reduce hasta niveles tan bajos como sea posible. Las excepciones se presentan cuando el oxígeno es necesario para la respiración de frutas y hortalizas (Parry, 1995), en las cuales se establece un límite inferior tolerable. Para la judía verde el nivel mínimo de O₂, es del 2% y del 3% para pimiento y tomate, mientras que el nivel máximo de CO₂, es del 2%

para tomate y pimiento, 5% para pimiento picante y 10% para judía verde (*Romajaro y col.*, 1996).

En la siguiente tabla se muestran algunos efectos favorables y desfavorables causados por las bajas concentraciones de oxígeno en el envasado en atmósfera modificada.

Tabla 46. Efectos del empobrecimiento en O₂ de la atmósfera modificada en frutas y hortalizas (*Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela*, 2008)

Favorables	Desfavorables (por debajo del límite inferior tolerable)
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la actividad respiratoria y del calor desprendido en la respiración. • Aumento, en ciertos casos, de la duración de la conservación. • Disminución de la maduración y de la degradación clorofílica. • Disminución del metabolismo de azúcares, proteínas, lípidos, ácidos, vitaminas, pectinas, etc. • Disminución de la síntesis de C₂H₄ y de compuestos aromáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maduración anormal. • Fermentación con alteración del sabor y aroma. • Sensibilización de los tejidos a los daños físicos y a elevadas concentraciones de CO₂ con desarrollo de pardeamientos y necrosis. • Desarrollo de alteraciones fúngicas en heridas de tejidos dañados.

El dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ es un gas incoloro e inodoro con un ligero sabor ácido. Se obtiene a partir de fuentes naturales y como subproducto de procesos fermentativos (fabricación de cerveza o vino) o de la producción de amoníaco.

El efecto del CO₂ se fundamenta en que desplaza el O₂ cambiando las condiciones de pH en la superficie del alimento (*Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela*, 2008).

Es el único de los gases utilizados en el envasado en atmósfera modificada con propiedades bacteriostáticas, fungistáticas e insecticidas. Su mecanismo de acción no se ha descrito por completo aunque se sabe que prolonga la fase de latencia microbiana, principalmente en microorganismos aeróbicos.

Es muy eficaz frente a bacterias aerobias Gram-negativas (*Salmonella*, *Escherichia coli*) y mohos. En menor medida también afecta a bacterias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*) y levaduras. En cambio, favorece el desarrollo de otros

microorganismos como las bacterias ácido lácticas (*García-Iglesias y col.*, 2006; *Hulánková y col.*, 2010).

La cantidad de dióxido de carbono disuelto y de su efecto antimicrobiano aumenta a medida que la temperatura de almacenamiento disminuye. Cuando se produce una disolución excesiva del mismo en el alimento pueden desencadenarse dos fenómenos negativos: el colapso del envase y la formación de exudado. El primero consiste en la retracción del material de envasado debido al descenso de la presión que ejerce el CO₂ en el interior del paquete.

El exudado se origina por la pérdida de la capacidad de retención de agua de las proteínas. El CO₂ en disolución da lugar a ácido carbónico que se descompone rápidamente reduciendo el pH del medio. Esto conlleva la desnaturalización de las proteínas y la pérdida de su capacidad para retener el agua en los tejidos. Estos problemas de exudado son habituales en carnes y pescados y su intensidad depende de los mecanismos tampón presentes en cada tejido (*García-Iglesias y col.*, 2006; *Hulánková y col.*, 2010).

Otro inconveniente del empleo de dióxido de carbono es que difunde a través del material de envasado entre 2 y 6 veces más rápido que otros gases de envasado en atmósfera. En general, la relación de permeabilidades corresponde a CO₂ > O₂ > N₂.

A continuación, se muestran los efectos favorables y desfavorables de la utilización de bajas concentraciones de dióxido de carbono en el envasado en atmósfera modificada (Tabla 47).

Tabla 47. Efectos del empobrecimiento en CO₂ de la atmósfera modificada en frutas y hortalizas (*Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008*)

Favorables	Desfavorables (por debajo del límite inferior tolerable)
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la actividad respiratoria y del calor desprendido en la respiración. • Disminución de la transpiración. • Aumento, en ciertos casos, de la duración de la conservación. • Disminución, e incluso inhibición, de la síntesis de C₂H₄ y retraso en la aparición del climaterio. • Disminución de los procesos de maduración: frenado del metabolismo de azúcares, proteínas, lípidos, ácidos, vitaminas, de la degradación de la clorofila, entre otros. • En concentraciones superiores al 15% ligera disminución del desarrollo de algunos hongos y bacterias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maduración anormal. • Producción de etanol, acetaldehídos y otros compuestos. • Color anormal (degradación de antocianos). • Desarrollo de alteraciones específicas, como la mancha parda de la lechuga. • Sensibilización de los tejidos a los daños físicos: pardeamiento interno y superficial, corazón pardo, escaldadura, necrosis de los tejidos. Formación de cavernas. Decoloración de la pulpa. Desarrollo de textura harinosa. Pérdida de textura, ablandamiento y aspecto acuoso. Desarrollo de alteraciones fúngicas secundarias sobre tejidos dañados.

El nitrógeno (N₂)

El N₂ es el principal componente del aire. Es un gas incoloro, inodoro e insípido que se obtiene por destilación fraccionada del aire, al igual que el oxígeno.

Es un compuesto inerte, es decir, que no reacciona químicamente con otras sustancias y presenta además una solubilidad muy baja. Aprovechando su naturaleza poco reactiva, este gas se utiliza como sustituto del oxígeno en el interior del envase para evitar así problemas oxidativos en productos de alto contenido de grasa. Otra de sus funciones es actuar como gas de relleno evitando el “colapso de envase” cuando se utilizan altas concentraciones de CO₂ (*García-Iglesias y col., 2006; Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008, Sandhya, 2010*).

En los últimos años, se están utilizando otros gases novedosos para la conservación de alimentos como es el monóxido de carbono (CO). En algunos alimentos como la carne fresca, es interesante el uso de CO porque mantiene el color, pero tiene limitaciones prácticas y legales, toxicidad y mezclas potencialmente explosivas con el aire, por lo que se usa poco. También algunos gases nobles como el

argón y el helio están siendo utilizados, en sustitución del nitrógeno, para el envasado de ciertos grupos de productos como “snacks”.

Además surge otro grupo de gases que están siendo investigados para su utilización en el envasado en atmósfera modificada, estos son: hidrógeno, óxido nitroso, dióxido de azufre, cloro y ozono (*García-López, 2010*). En la siguiente tabla se muestran los gases investigados y su posible aplicación en el envasado en atmósfera.

Tabla 48. Gases novedosos y su aplicación (*García-Iglesias y col., 2006*)

Gas	Aplicación
Monóxido de carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Estabiliza el color rojo de la carne fresca • Inhibe el pardeamiento en los vegetales frescos • Inhibe las reacciones de oxidación (indirectamente) • Inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios
Argón	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituye al N₂ en las atmósferas controladas y modificadas
Helio	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituye al N₂ en las atmósferas controladas y modificadas • Gas trazador para el control de microfugas
Hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Gas trazador para el control de microfugas
Óxido nitroso	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe el crecimiento de ciertos microorganismos • Inhibe la producción de etileno
Dióxido de azufre	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe el desarrollo de microorganismos (mohos) • Inhibe el pardeamiento en productos vegetales y animales (crustáceos)
Cloro	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe el desarrollo de microorganismos (mohos)
Ozono	<ul style="list-style-type: none"> • Inhibe el desarrollo de microorganismos • Desinfecta las cámaras de almacenamiento • Elimina el etileno

De momento, el empleo a escala comercial de estos gases es muy limitado. En algunos casos, su mayor coste frente a los gases convencionales restringe su aplicación a productos de alto valor añadido; en otros, la legislación no autoriza su uso por el peligro potencial que supone su manipulación.

1.1.2.2 El material de envasado

Como se sabe que las hortalizas continúan “respirando” después de la recolección, al envasarlas hay que tener en cuenta el intercambio de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua a través del envase para mantener una óptima concentración de gases en el interior. Como consecuencia de este proceso la composición gaseosa está en continuo cambio durante el tiempo de almacenamiento (Lee y col., 2008; Mangaraj y col., 2009).

En este sentido la atmósfera alcanzada en el interior del envase no solo va a depender de la mezcla gaseosa inicial sino que también va a depender de la interacción entre la respiración del producto y la permeabilidad del material utilizado (Mahajan y col., 2008; Mangaraj y col., 2009). La permeabilidad de un polímero se expresa como el resultado de dos tipos de procesos: un mecanismo de difusión (cinético) y otro de partición (termodinámico) (Vázquez-Vázquez, 2001).

Otro factor muy importante a controlar es la humedad del interior del envase. Los materiales con alta barrera frente al agua evitan una pérdida excesiva de la misma y la deshidratación del producto. Sin embargo, sobre la superficie interna de estas láminas poco permeables puede condensarse vapor de agua, hecho que favorece el crecimiento microbiano.

Por lo tanto, la selección del material de envasado tiene una importancia crucial para desarrollar la composición de gas capaz de mantener la calidad y aumentar la vida útil del producto envasado. Deben presentar determinadas propiedades barrera al paso de los gases y la humedad en función de las características del alimento envasado. Además los materiales de envasado deben reunir otras características desde el punto de vista técnico, comercial, legal y medioambiental siendo los envases fabricados con materiales poliméricos los más empleados en el envasado en atmósfera modificada (Mangaraj y col., 2009; García-López, 2010; Costa y col., 2011).

La amplia variedad de polímeros comercializados en la actualidad ha aumentado el rango disponible de permeabilidades a gases, y otras características (dureza, flexibilidad, imprimabilidad y presentación). Los materiales más utilizados suelen ser policloruro de vinilo (PVC), poliéster como politereftalato de etileno (PET), polietileno (PE) y polipropileno (PP) (Almenar, 2005).

En la tabla 49 se muestran los rangos de permeabilidad para algunos de los polímeros más comunes en el envasado de alimentos:

Tabla 49. Valores de permeabilidad de polímeros (Sandhya, 2010)

Polímero	Permeabilidad			Transmisión Vapor de agua ⁽²⁾
	O ₂ ⁽¹⁾	N ₂ ⁽¹⁾	CO ₂ ⁽¹⁾	
PE				
Baja densidad LD	7800	2800	42000	18
Alta densidad HD	2600	650	7600	7 - 10
PP				
Orientado	2000	400	8000	6 - 7
No orientado	3700	680	10.000	10 - 12
PVC				
Plastificado	500 - 30000	300 - 10.000	1500 - 46000	15 - 40
No plastificado	150 - 350	60 - 150	450 - 1000	30 - 40

(1) (cm³/m²/día/atm a 25 °C) / (2) (g/m²/día/atm a 38 °C, 90% HR)

Mangaraj y col. (2009) hacen una revisión sobre las aplicaciones de los films plásticos utilizados en EAM de frutas y hortalizas, donde recogen información detallada de los polímeros plásticos más utilizados, incluyendo propiedades físicas o las ventajas o desventajas de su utilización.

El polietileno de baja densidad (LDPE) es el material más comúnmente utilizado para el envasado de hortalizas (Sammi y Masud, 2009; Manolopoulou y col., 2010).

Los materiales poliméricos utilizados en el envasado de alimentos deben ser inertes y no interaccionar con el producto durante todo el periodo de tiempo que lo contengan. Sin embargo, el estrecho contacto existente entre envase y alimento bajo diferentes condiciones de almacenamiento y manipulación posibilitan la transferencia de los componentes del polímero hacia el producto alimenticio (Mangaraj y col., 2009).

Con el fin de asegurar que este fenómeno no ocasione ningún perjuicio a la salud del consumidor, se establece una legislación específica para estos materiales. En el ámbito nacional se regulan mediante el *Real Decreto 118/2003* y sus posteriores modificaciones. Estas normas recogen la lista de sustancias de partida autorizadas para fabricar materiales y objetos poliméricos destinados a entrar en contacto con los alimentos. Además, en ellas se indican las migraciones máximas permitidas y las condiciones de ensayo para determinar si se sobrepasan o no estos valores.

1.1.2.3 El equipo de envasado

Los equipos de envasado que hay en el mercado responden a las diversas necesidades derivadas del tipo de alimento a envasar, los formatos de envase deseados y los niveles de producción de cada fabricante (*García-Iglesias, 2006*).

1.1.3 Envasado en atmósfera modificada de frutas y verduras frescas

El proceso de respiración de frutas y verduras consume el oxígeno y produce dióxido de carbono y vapor de agua. La clave para mantener frescos estos productos envasados consiste en reducir la tasa de respiración sin dañar la calidad del producto. En general, la tasa de respiración puede reducirse manteniendo una baja temperatura, introduciendo unos niveles menores de oxígeno en la atmósfera protectora y aumentando los niveles de dióxido de carbono.

De todas formas, hay que tener en cuenta que si la cantidad de oxígeno de la atmósfera de envasado es demasiado escasa, se activará el proceso de respiración anaeróbica. Esto producirá sabores y olores no deseados en el producto y causará el deterioro del alimento. Además, un exceso de dióxido de carbono puede dañar a algunas variedades de productos.

Aparte de estas consideraciones, el alto contenido en agua de estos alimentos, junto con el hecho de que las frutas son intrínsecamente ácidas, puede provocar una descomposición por levaduras y mohos (*EAP, 2012*).

La permeabilidad del material de envasado que se utiliza para las frutas y las verduras es especialmente crucial. Si los productos se introducen dentro de un envase hermético, el oxígeno se agotará enseguida y podrían desarrollarse condiciones anaeróbicas no deseadas. Por otro lado, si el material es demasiado permeable, la atmósfera protectora desaparece y no se consigue ningún beneficio.

El objetivo del envasado es alcanzar un estado conocido como equilibrio para producir una atmósfera modificada equilibrada (*EAP, 2012*).

Existen dos formas de generar la atmósfera modificada en el interior del envase. En las frutas y vegetales frescos, al continuar sus procesos metabólicos después de la cosecha, la generación de la atmósfera modificada dentro del envase puede ser de **forma pasiva**. El propio producto genera la atmósfera por efecto de dos procesos simultáneos, la respiración y permeabilidad de la película plástica. El equilibrio se logra después de determinado tiempo, dependiendo de los requerimientos del producto vegetal y la permeabilidad del material de envasado, los

cuales son función de la temperatura y humedad relativa de almacenamiento (*Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008*).

Otra forma de generar la atmósfera es de **forma activa**, ésta consiste en inyectar dentro del envase una concentración de gases seleccionada de acuerdo a las propiedades del alimento, de forma que el aire del interior es reemplazado mecánicamente por los gases de envasado generando la atmósfera modificada (*Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008*).

Existen dos técnicas diferentes para la sustitución mecánica del aire en el envase, una de ellas es el **barrido con gas**, que consiste en el desplazamiento, por medio de una máquina del tipo formado-llenado-cerrado, del aire del interior del embalaje por un gas específico o una mezcla gaseosa diferente del aire. Esta técnica posee un límite en la eficiencia puesto que los niveles habituales de oxígeno residual en los envases tratados mediante este sistema son del 2-5% de O₂. Esto implica que la técnica no es adecuada para el envasado de alimentos muy sensibles al oxígeno.

El **vacío compensado** es otro sistema para la sustitución mecánica del aire en el envase. En primer lugar se realiza un vacío para eliminar el aire del interior del envase que contiene el alimento y, a continuación, se introduce el gas o mezcla de gases deseados. Como es un proceso en dos etapas, la velocidad de trabajo es más lenta que la técnica anterior. Sin embargo, la eficacia del proceso respecto a niveles de aire residual es muy superior (*Parry, 1995*).

Además, la atmósfera modificada se puede conseguir con la incorporación de ciertos aditivos en la matriz del envase o directamente dentro del mismo. Bajo esta definición, el envasado activo puede utilizar: absorbentes de O₂ ("scavengers"), absorbentes-liberadores de CO₂, liberadores de etanol y absorbentes de etileno (*Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008; Oms-Oliu, 2008; García-López, 2010*).

El diseño del envasado en atmósfera modificada para las frutas y verduras es una tarea compleja que requiere una comprensión de las interacciones dinámicas entre el producto, la atmósfera generada dentro del envase y el envase en sí mismo.

Así, cuando se va a realizar el diseño de un sistema de EAM, se deben tener en cuenta un gran número de variables como son, la tasa de respiración del producto que es función de la temperatura, la composición óptima de gases y los límites de tolerancia de los productos al gas, la difusión de los gases a través del envase, el volumen libre dentro del envase, el peso del producto, etc. y su interacción (*González-Buesa y col., 2009*).

Aunque el envasado en atmósfera modificada es un sistema de envasado comúnmente usado para mantener la calidad y alargar la duración de frutas y verduras frescas, se utiliza siempre complementado con la conservación a baja temperatura (Loyola-López y col., 2008; Siripatrawan y Assatarakul, 2009; Blandón-Navarro, 2010).

En este sentido el control de la temperatura de almacenamiento es básico por dos motivos principales, su influencia sobre la tasa de respiración del producto y su influencia sobre la permeabilidad del material polimérico.

En la tabla 50 se muestran diferentes coeficientes de difusión de O₂, CO₂ y H₂O en función de la temperatura.

Tabla 50. Coeficientes de difusión (D) para gases en aire a 1 atm de presión (Wilson, 2007)

Temperatura (°C)	Coeficiente difusión (m ² . sec ⁻¹)		
	CO ₂	O ₂	H ₂ O
0	1,33 x 10 ⁻⁵	1,72 x 10 ⁻⁵	2,13 x 10 ⁻⁵
10	1,42 x 10 ⁻⁵	1,83 x 10 ⁻⁵	2,27 x 10 ⁻⁵
20	1,51 x 10 ⁻⁵	1,95 x 10 ⁻⁵	2,42 x 10 ⁻⁵
30	1,60 x 10 ⁻⁵	2,07 x 10 ⁻⁵	2,57 x 10 ⁻⁵

1.1.4 Estudios de aplicación del envasado en atmósfera modificada (EAM)

Existen numerosos trabajos sobre la aplicación del EAM en una amplia gama de productos. Los principales grupos de alimentos estudiados son los cárnicos (incluidos productos de la pesca), los frutihortícolas y los farináceos.

Esta técnica ha demostrado muy buenos resultados en especies como cerezas (*Prunus avium*) y kiwis (*Actinidia deliciosa*), entre otros (Loyola-López y col., 2008).

Los niveles de gases en el EAM son expresados comúnmente en términos de porcentaje (Manolopoulou y col., 2010). En otros estudios, como por ejemplo, los de Odriozola-Serrano y col. (2008) o Rojas-Graü y col. (2009) se expresan en kPa. Esto se relaciona con la presión parcial de los gases alrededor de la fruta y el porcentaje del gas puro.

Según Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela (2008), cuando se alcanza el equilibrio en el interior del envase pueden lograrse concentraciones alrededor del producto del 2-5% de O₂ y del 3-8% de CO₂. Estas concentraciones son eficaces para ampliar la vida útil de una amplia gama de frutas y hortalizas retrasando los procesos de maduración y de senescencia, tales como degradación de la clorofila, ablandamiento, oscurecimiento enzimático y disminución de los síntomas de daño por frío.

Todas estas mezclas aprovechan el efecto antimicrobiano de dióxido de carbono manifestado en concentraciones de CO₂ por encima del 10%. Altas concentraciones de CO₂ reducen la tasa respiratoria de frutas y hortalizas y niveles superiores del 1%, pueden inhibir la acción del etileno (Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008).

Concentraciones reducidas de O₂ y altas de CO₂ son eficaces para controlar el pardeamiento enzimático, la pérdida de firmeza y retrasar la proliferación de microorganismos aeróbicos (Costa y col., 2011).

Aunque concentraciones de O₂ inferiores al 2,5% aumentan la producción de anhídrido carbónico y generan sabores y olores anormales, como consecuencia del establecimiento del proceso fermentativo por falta de O₂. A niveles del 1% de O₂ se detectan sabores alcohólicos en manzanas, plátanos, aguacates, alcachofas y pimientos. Todo esto hace que no se recomienda el empleo prolongado de atmósferas con concentraciones de O₂ inferiores al 2% (Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008; Rojas-Graü y col. 2009).

García-Iglesias y col. (2006) recomiendan para productos con una alta tasa respiratoria (tomate, judía verde, lechuga o coliflor), entre un 3 y 5% de O₂ y 5% de CO₂, almacenados a 0-7 °C con una humedad relativa entre el 95 y 100%.

Según *Siripatrawan & Assatarakul* (2009), la mezcla gaseosa recomendada para la conservación de tomate es 5% de O₂, 5% de CO₂ y 90% de N₂.

Sandhya (2010) realiza una recopilación de las mezclas gaseosas recomendadas para el EAM de distintas frutas y vegetales.

La apropiada combinación de la composición del gas, las dimensiones del envase y la permeabilidad del polímero plástico adaptado a la respiración del producto son características a tener en cuenta para alcanzar un equilibrio sostenible de concentraciones de gas. Este equilibrio debe asegurar niveles de O₂ dentro los envases suficientemente altos para evitar el desarrollo de los procesos anaerobios fermentativos (*Rojas-Graü y col.*, 2009).

En cuanto a las recomendaciones de temperatura y humedad relativa, en el trabajo de *López-Gálvez* (1995) se realiza una recopilación para distintas frutas y hortalizas, en general, a temperaturas de 7 °C y humedad relativa del 90-95%.

Por último, en la tabla 51 se muestran los materiales poliméricos utilizados en algunos estudios recientes de frutas y hortalizas almacenadas en atmósfera modificada.

Tabla 51. Materiales poliméricos utilizados en estudios recientes

Producto	Material polimérico	Autores
<i>Capsicum annuum</i> L.	PLA; LDPE	<i>Koide y Shi</i> (2007)
<i>Capsicum annuum</i> L.	PE	<i>Raffo y col.</i> (2007)
<i>Lycopersicon esculentum</i>	LDPE; PET	<i>Yadav y col.</i> (2009)
<i>Capsicum annuum</i> L.	LDPE; MDPE; PVC	<i>Manolopoulou y col.</i> (2010)
<i>Vitis vinifera</i>	PE; PP	<i>Costa y col.</i> (2011)
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	PE; PP micro-perforado	<i>Lucera y col.</i> (2011)
Pimiento Jalapeño	LDPE reciclado	<i>Ornelas-Paz y col.</i> (2012)





Capítulo II

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS



Los objetivos específicos con los que se plantea el capítulo II son:

- Estudiar la aplicación del envasado en atmósfera modificada, en palets, en diferentes productos vegetales (tomate, pimiento tipo Padrón y judía verde).
- Comparar las características sensoriales y físico-químicas de diferentes productos vegetales (tomate, pimiento tipo Padrón y judía verde) envasados en atmósfera modificada en palets frente a los mismos sin envasar (control) a lo largo del tiempo de almacenamiento a temperaturas de refrigeración.







Capítulo II

3. MATERIAL Y MÉTODOS



3.1 MUESTRAS

Para el estudio se han empleado tres productos vegetales, tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv Pío), judía verde (*Phaseolus vulgaris* L. cv Zondra) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) tipo Padrón.

Los tres productos utilizados son procedentes de la cooperativa *Hortoflor 2 S.C.L.*, situada en el ayuntamiento de Cenlle, provincia de Ourense.

La cooperativa recomienda a sus socios, antes de implantar el cultivo, hacer un laboreo profundo del suelo (30-40 cm), con un arado de vertedera o de discos y posteriormente, dar un pase de grada o fresa para dejar el suelo lo más llano posible.

En cuanto al abonado, es necesario hacerlo siempre que sea posible a partir de los resultados del análisis de suelo. En caso de no disponer de dichos análisis la forma de proceder es la siguiente:

- Abonado orgánico. Aportar sobre 10 kg/m² de estiércol de cuadra bien hecho. Si se abona con abonos orgánicos comerciales, la dosis será de 200 a 250 kg/1000 m² según la casa comercial.
- Encalado, necesario debido a la acidez de los suelos gallegos. Para ello se recomienda añadir de 200 a 250 kg/1000 m² de caliza magnesiana.
- Abonado inorgánico mineral. Se pueden aplicar abonos complejos (N-P-K) entre 50 a 100 kg/1000 m² del complejo 8-15-15 ó 15-15-15.

Esta cooperativa recomienda utilizar en huerta, la menor cantidad de herbicidas posible, recurriendo preferentemente al acolchado. La escarda es una labor necesaria hacia el final del cultivo, para evitar la invasión de hierbas.

Envasado

El envasado en atmósfera modificada, de cada uno de los productos, se lleva a cabo en las propias instalaciones de la cooperativa *Hortoflor 2 S.C.L.*, estando presentes miembros de la cooperativa y miembros de las restantes entidades que participan en el proyecto “Hoto-Palet”, *Asociación Galega de Cooperativas Agrarias* (AGACA), *Carburos Metálicos S.A* y *Universidad de Santiago de Compostela* (USC).

Se parte de materia prima dispuesta en cajas de cartón (Figura 85) y a temperatura de refrigeración. El peso de cada caja, por producto, es de 10 kg para el tomate, 5 kg para el pimiento tipo Padrón y 7 kg para la judía verde.



Figura 85. Distribución de tomate, pimiento y judía en cajas de cartón (50 x 30 x 17 cm)

La novedad de este proyecto es el envasado en formato palet. La materia prima se distribuye en cuatro palets (en torno a 10 cajas de producto por palet), previamente colocados sobre el material de envasado. Uno de los palet se reserva para ser el control o testigo y los tres restantes se envasan en atmósfera modificada (Figura 86).



Figura 86. Preparación del palet y distribución de materia prima

El material de envasado, se trata de bolsas de polietileno de baja densidad con micro-perforación, 60 micras (240 galgas) de espesor y dimensiones 2430 x 1355 x 2600 cm (largo x ancho x alto), suministradas por la empresa “*Adrados envase y embalaje S.L*” (Ref. 6A2F). En cuanto a las características físicas del polímero, la

permeabilidad, medida a 23 °C, al O₂ y CO₂ es de 3300 y 16600 cm³/m²/día/atm respectivamente y la transmisión al vapor de agua es de 1,67 g/m²/día/atm.

Para generar la atmósfera de envasado se inyecta una mezcla gaseosa (N₂, CO₂) “Freshline 20 - Carburos metálicos” en el interior del palet, con la ayuda de un equipo diseñado para tal fin, con el que se consigue desplazar el aire y alcanzar la concentración de O₂ y CO₂ propuestas como objetivo (Figura 87).



Figura 87. Proceso de generación de la atmósfera modificada en formato palet

Por último, los palets se cierran con la ayuda de una brida y se almacenan en la cámara de refrigeración.

Para cada uno de los productos vegetales, tomate, judía y pimiento tipo Padrón, se sigue el mismo proceso de envasado en atmósfera modificada, obteniéndose un total de cuatro palets por producto, uno control o testigo sin envasar y tres envasados en atmósfera modificada (EAM) (Figura 88).



Figura 88. Almacenamiento de los palets en la cámara de refrigeración.

El ensayo de envasado de productos vegetales en atmósfera modificada se realiza tres veces durante el desarrollo del proyecto *Horto-palet*.

El primero se realiza los días 14 y 15 de septiembre de 2010, el segundo de los ensayos se realiza el 21 de junio de 2011, coincidiendo con el inicio de la época de recolección de la materia prima y, por último, el tercero se realiza el 6 de septiembre de 2011.

En el primer ensayo, los técnicos de *Hortoflor*, responsables del seguimiento diario de las concentraciones de O₂ y CO₂, observan concentraciones muy bajas de O₂, por debajo del 1%, a los 6 días de almacenamiento, por lo que se decide aumentar la concentración de este gas en los posteriores ensayos debido a que bajas concentraciones de O₂ pueden generar sabores y olores anormales como consecuencia del desarrollo de procesos fermentativos.

Por ello, en el ensayo de 2010, la concentración de gases inicial de la atmósfera modificada, contiene sobre un 30% menos de O₂ y un 16% más de CO₂, de media, en todos los palets para los tres productos con respecto a los ensayos de septiembre y junio de 2011, en los cuales la concentración es similar (Tabla 52).

Tabla 52. Concentración inicial de gases para cada producto y palet

		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
		(% O ₂ /% CO ₂)	(% O ₂ /% CO ₂)	(% O ₂ /% CO ₂)
Día 0	Tomate P1	7,8 / 12,6	10,0 / 10,6	9,5 / 11,7
	Tomate P2	8,0 / 11,3	10,3 / 10,3	9,5 / 11,5
	Tomate P3	7,0 / 13,6	10,2 / 11,0	8,3 / 12,6
Día 0	Pimiento P1	7,9 / 12,40	10,0 / 10,8	11,4 / 10,1
	Pimiento P2	7,7 / 12,3	10,3 / 10,4	10,0 / 11,4
	Pimiento P3	8,0 / 12,2	10,8 / 10,1	11,4 / 11,7
Día 0	Judía P1	7,8 / 12,6	10,3 / 10,5	9,4 / 11,5
	Judía P2	7,8 / 11,5	9,2 / 10,90	9,8 / 11,2
	Judía P3	7,8 / 11,5	10,6 / 10,3	10,8 / 9,9

Durante todo el tiempo de almacenamiento, los técnicos de *Hortoflor 2* son los encargados de registrar diariamente la concentración de la atmósfera (% O₂/% CO₂) en el interior de cada palet con la ayuda de un medidor de gases modelo *Oxibaby® M+* para O₂/CO₂ (Witt-Gasetechnik) (Figura 89).



Figura 89. Medición de la concentración de gases (% O₂ / % CO₂) en el interior del palet

En la siguiente tabla (Tabla 53) se recogen las condiciones de almacenamiento en la cámara de refrigeración, temperatura y humedad relativa para cada uno de los ensayos realizados.

Tabla 53. Condiciones de almacenamiento en la cámara de refrigeración

	Ensayo Sept-2010	Ensayo Junio-2011	Ensayo Sept-2011
Cámara	Cámara 1	Cámara 2	Cámara 2
Tª (°C)	6 °C	6,3 °C	5,9 °C
Hr (%)	-	93,0%	89,3%

Toma de muestras

El muestreo inicial (0 días almacenamiento) se realiza el propio día del envasado de los palets. Se toma muestra solo del palet control sin envasar, es decir, la materia prima de partida para cada uno de los productos, tomate, pimiento y judía.

Los siguientes tres muestreos se realizan cada 7 días de almacenamiento (Aneesh y col., 2007; Odriozola-Serrano y col., 2009), coincidiendo con la apertura del palet 1 (7 días), palet 2 (14 días) y palet 3 (21 días). Se toman dos cajas por producto en cada muestreo, una del palet EAM y otra del palet control sin envasar (6 muestras (cajas) en total, 2 de tomate, 2 de pimiento y 2 de judía).

Para la obtención de cada muestra (caja) se selecciona al azar producto de distintas zonas del palet.

En la tabla 54 se resumen los días de apertura de los palets y toma de muestras para cada uno de los ensayos realizados.

Tabla 54. Apertura de palet y toma de muestras

	Fecha	Días almacenamiento	Muestras	Nº muestras- cajas / día
Ensayo 1	14/09/10	0	Muestra control (* ¹)	4 (* ²)
	20/09/10	7	Muestra control y envasada	8 (* ³)
	27/09/10	14	Muestra control y envasada	8 (* ³)
	04/10/10	21	Muestra control y envasada	8 (* ³)
Ensayo 2	21/06/11	0	Muestra control	3 (* ⁵)
	(* ⁴)	-	-	-
	04/07/11	14	Muestra control y envasada	6 (* ⁶)
	11/07/11	21	Muestra control y envasada	6 (* ⁶)
Ensayo 3	06/09/11	0	Muestra control	3 (* ⁵)
	13/09/11	7	Muestra control y envasada	6 (* ⁶)
	20/09/11	14	Muestra control y envasada	6 (* ⁶)
	27/09/11	21	Muestra control y envasada	6 (* ⁶)

(*¹) Debido a la poca homogeneidad de la materia prima de partida, en el caso del tomate (Figura 90), se decide hacer un estudio doble, es decir, se recogen muestras de tomate verde y muestras de tomate maduro durante todo en ensayo.

(*²) 4 Muestras/cajas (tomate verde control, tomate maduro control, pimiento control y judía control)

(*³) 8 Muestras/cajas (tomate verde control y tomate verde envasado, tomate maduro control y envasado, pimiento control y envasado y judía control y envasada).

(*⁴) Se elimina el muestreo de los 7 días para intentar llegar a uno de 28 días.

(*⁵) 3 Muestras/cajas (tomate control, pimiento control y judía control).

(*⁶) 6 Muestras/cajas (tomate control y tomate envasado, pimiento control y envasado y judía control y envasado).



Figura 90. Materia prima: tomate en el primer ensayo

Una vez realizada la apertura del palet, las muestras son trasladadas desde las instalaciones de *Hortoflor 2* a la sala de cata y al laboratorio de Tecnología de Alimentos situado en la Facultad de Veterinaria (USC-Lugo) para su análisis en el mismo día.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Análisis sensorial (con catadores entrenados)

- **Panel de catadores** (ver apartado 3.2.1 del Capítulo I)
- **Sala de cata** (ver apartado 3.2.1 del Capítulo I)
- **Muestras**

A cada uno de los catadores, previamente entrenados, se le presentan pares de muestras, control y envasada en atmósfera modificada, para cada uno de los productos. Cada catador evalúa cada una de las muestras independientemente utilizando las fichas de cata desarrolladas a tal fin. Las muestras son presentadas sin identificar, únicamente codificadas con un número de tres dígitos (Figura 91).



Figura 91. Cabina de cata preparada para la evaluación de la calidad sensorial

- **Fichas de cata**

Previamente a la evaluación de la calidad sensorial de las muestras definitivas, se desarrollan las fichas de cata para los tres productos estudiados tomate, pimiento tipo Padrón y judía verde (Figuras 92, 93 y 94).

El desarrollo de la fichas se realiza siguiendo la metodología descrita en la norma *UNE 87027:1998*, reuniéndose el panel de catadores una vez por semana.

A partir de muestras comerciales de cada uno de los productos, se prepara una lista de términos descriptivos para cada uno de ellos (*UNE-EN ISO 5492: 2010*). En las siguientes sesiones se seleccionan los términos más apropiados para la evaluación de la calidad sensorial, utilizando técnicas estadísticas como el cálculo de la media geométrica, análisis de componentes principales y correlaciones. Una vez seleccionados los términos, se elige el tipo de escala, se eligen los productos de

referencia a utilizar en la escala para cada descriptor y se establece la forma de evaluación de cada uno de ellos.

Por último, antes de evaluar las muestras definitivas se realizan cinco sesiones de entrenamiento del panel de catadores para así conseguir que éste funcione como un equipo analítico.

La ficha de cata para la evaluación del tomate está compuesta por un total de 16 descriptores. Para la evaluación de los descriptores que se quieren cuantificar (intensidad de color, intensidad de olor externo, firmeza, intensidad del olor interno, intensidad de color interno, jugosidad, consistencia, resistencia a la masticación de la piel, sabor ácido, sabor dulce, sabor salado y la persistencia) se utilizan escalas no estructuradas de 10 cm. Los descriptores uniformidad del color, manchas, desprendimiento de la parte viscosa y aromas extraños son evaluados con presencia/ausencia (Figura 92).

La ficha de cata del pimiento tipo Padrón está compuesta por 5 descriptores que se evalúan con escalas no estructuradas de 10 cm (intensidad del color, intensidad del olor externo e interno, turgencia y cantidad de semillas de color oscuro), 7 descriptores que se evalúan con presencia/ausencia (uniformidad del color, brillo de superficie, arrugas, manchas, olores extraños externos e internos y sensación ardiente), y un descriptor (sensación de humedad) que se evalúa con una escala de 3 puntos (Figura 93).

En el caso de la judía verde, la ficha de cata está compuesta por 10 descriptores, (intensidad del color, intensidad del olor externo, crocante e intensidad del olor interno) se evalúan con escalas no estructuradas de 10 cm. Otros 4 descriptores (uniformidad del color, manchas, olores extraños internos y externos) son evaluados con presencia/ausencia. Los otros 2 descriptores (rugosidad de la piel y sensación de humedad) son evaluados con escalas de 3 puntos (Figura 94).

Asimismo, en las fichas de cata de los tres productos se incluye un apartado de alteraciones, donde el catador puede indicar libremente la presencia de cualquier otra alteración que pueda observar en el producto.

EVALUACIÓN DEL TOMATE**Nombre:****Fecha:****Código Muestra:****1. Intensidad de olor:** puntos extremos y medio de la fotografía.- Rojo+ Rojo**2. Uniformidad del color:**Ausencia (no uniforme) ☐Presencia (uniforme) ☐**3. Manchas:**Ausencia ☐Presencia ☐**4. Intensidad del olor externo:**DébilElevada**5. Firmeza:** Poner el tomate entre los dedos y palma de la mano con la parte inferior hacia arriba.Pelota verdePelota tenis**6. Intensidad del olor interno:** Partir el tomate por la mitad en sentido vertical.DébilElevada**7. Intensidad de color interno:** puntos extremos y medio de la fotografía.- Rojo+ Rojo

8. Desprendimiento de la parte viscosa: Tomate partido en 4 trozos y sin apretar.Ausencia (no se desprende) ☐Presencia (se desprende) ☐

Textura en Boca: Se toma la mitad de $\frac{1}{4}$ del tomate, intentando que tenga parte viscosa por ambos lados, y se mastica de 3 a 4 veces.

9. Jugosidad:

Manzana Reineta

Sandía

10. Consistencia:

Melocotón Golden

Pera conferencia (verde)

11 Resistencia masticación piel:

Pera Conferencia

Manzana Royal Gala

Flavor:**12. Ácido:**

Débil

Elevada

13. Dulce:

Débil

Elevada

14. Salado:

Media

15. Persistencia:Baja ($\downarrow 20''$)Media ($\approx 30''$)Alta ($\uparrow 60''$)**16. Aromas extraños:** Ausencia ☐Presencia ☐

Otra alteración: _____

Figura 92. Ficha de cata para la evaluación de la calidad sensorial del tomate

EVALUACIÓN DEL PIMIENTO	
Nombre:	Fecha:
Código muestra:	
1. Intensidad de color: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> 367C <div style="width: 100px; height: 20px; background: linear-gradient(to right, #90EE90, #008000);"></div> 364C </div>	
2. Uniformidad del color: <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> Ausencia (no uniforme) <input type="checkbox"/> Presencia (uniforme) <input type="checkbox"/> </div>	
3. Brillo de superficie: <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> Brillante <input type="checkbox"/> Mate <input type="checkbox"/> </div>	
4. Arrugas: <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/> </div>	
5. Manchas: <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/> </div>	
6. Intensidad del olor externo: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Débil Elevada </div>	
7. Olores extraños externos: <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/> </div>	
8. Turgencia: presionar con los dedos de la mitad hacia delante <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Pelota roja Espiga </div>	
9. Sensación de humedad: abrir el pimiento con las manos y tocar la parte interna <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> Seco <input type="checkbox"/> Poco hidratado <input type="checkbox"/> Bastante Hidratado <input type="checkbox"/> </div>	
10. Intensidad del olor interno: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Débil Elevada </div>	
11. Olores extraños internos: <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px;"> Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/> </div>	
12. Cantidad de semillas de color oscuro: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> 0% 100 % </div>	
13. Sensación ardiente: tocar el corte del pimiento con la lengua <div style="display: flex; justify-content: flex-end; gap: 20px; margin-top: 10px;"> Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/> </div>	
Otra alteración: _____	

Figura 93. Ficha de cata para la evaluación de la calidad sensorial pimiento tipo Padrón

EVALUACIÓN DE LA JUDÍA VERDE

Nombre: _____

Fecha: _____

Código muestra: _____

1. Intensidad de color:

579 C



575C

2. Uniformidad del color:

Ausencia (no uniforme) ☐Presencia (uniforme) ☐

3. Manchas:

Ausencia ☐Presencia ☐

4. Rugosidad de piel: textura

Lisa ☐Ligeramente Rugosa ☐Muy Rugosa ☐

5. Intensidad del olor externo:

Débil

Elevada

6. Olores extraños externos:

Ausencia ☐Presencia ☐

7. Crocante: coger la judía por los extremos y doblar por la mitad hasta que rompa.

Regaliz

Patata

8. Sensación de humedad: tocar la zona central en el momento de romper.

Seca ☐Poco hidratada ☐Bastante hidratada ☐

9. Intensidad del olor interno:

Débil

Elevada

10. Olores extraños internos:

Ausencia ☐Presencia ☐

Otra alteración: _____

Figura 94. Ficha de cata para la evaluación de la calidad sensorial de la judía

3.2.2 Determinación del color CIE $L^*a^*b^*$

Referencias: Ferreira y col. (2006); Pérez-López y col. (2007) y Díaz de León-Sánchez y col. (2009)

- Principio

La determinación del color mediante un colorímetro espectrofotométrico usa una fuente de luz para iluminar la muestra a medir. La luz reflejada o transmitida por la muestra pasa entonces a una red de difracción que la divide en el espectro. El espectro cae en una matriz de diodos que mide la luz a cada longitud de onda. Los datos espectrales se envían a un procesador donde se multiplican con los valores de la tabla de datos para el iluminante CIE y el observador a 2° o 10° seleccionado para obtener los valores X, Y, Z (*HunterLab*, 2001).

Ya que los valores XYZ no se entienden fácilmente en términos del color de un objeto, se han desarrollado otras escalas de color que emanan matemáticamente de estos valores (*HunterLab*, 2001).

El espacio de color CIE 1976 $L^*a^*b^*$ (Figura 95) es una de ellas, modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano. Fue desarrollado específicamente con este propósito por la *Commission Internationale d'Eclairage* (Comisión Internacional de Iluminación), razón por la cual se abrevia CIE.

$$L^* = 116 \left(Y/Y_n \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500 \left[\left(X/X_n \right)^{\frac{1}{3}} - \left(Y/Y_n \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(Y/Y_n \right)^{\frac{1}{3}} - \left(Z/Z_n \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

L^* , a^* y b^* son las coordenadas que definen el color en el espacio tridimensional. L^* indica la luminosidad o claridad ($L^*=$ negro y $L^*=100$ blanca), y a^* y b^* son las coordenadas de cromaticidad; su posición entre magenta y verde (a^* , valores negativos indican verde mientras valores positivos indican magenta) y su posición entre amarillo y azul (b^* , valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo).

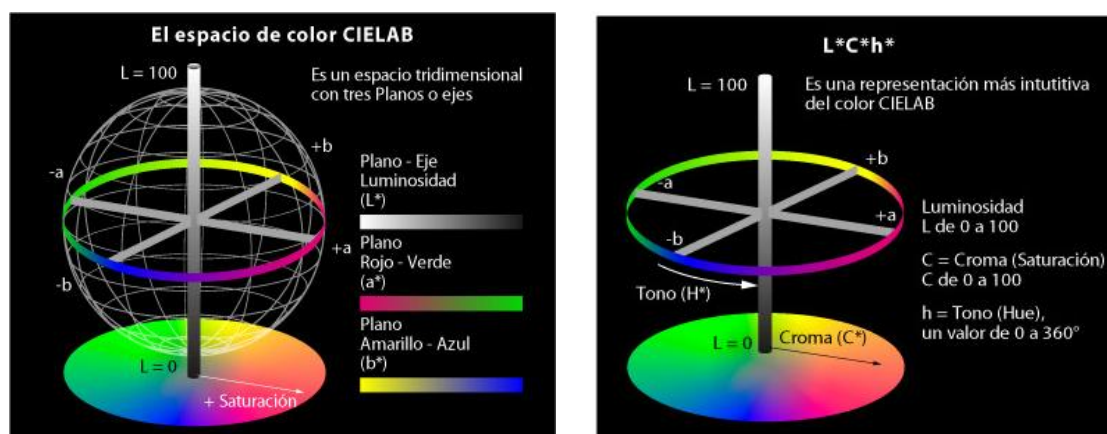


Figura 95. El espacio de color CIE $L^*a^*b^*$

- Material y equipos

◇ Colorímetro espectrofotométrico, *HunterLab ColorFlex* (Hunterlab, Reston, VA).

- Procedimiento

La medida del color se realiza con el iluminante D_{65} y un observador de 10° de campo de visión. El área del instrumento de reflectancia es de 13 mm de diámetro.

Las lecturas del color son realizadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sobre la superficie de diez frutos de tomate, judía y pimiento en cada uno de los muestreos. En tomate se toman dos medidas en la base y cuatro en la zona ecuatorial, en judía se toman valores en ambas caras del fruto, y en pimiento se realizan cuatro medidas en puntos aleatorios de la superficie del fruto.

Previamente a la realización de las medidas, se calibra el equipo con un blanco de referencia para lo cual se emplea una placa estándar de cerámica que presenta valores de $L^* = 93,41$; $a^* = -1,07$ y $b^* = +1,13$.

- Cálculos

A partir de las coordenadas L^* , a^* y b^* , se calculan otras magnitudes psicofísicas como el índice de saturación o cromaticidad (C^*), el tono o ángulo HUE (H°) y la diferencia de color total ΔE :

$$\text{Cromaticidad; } C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$\text{Tono; } H^\circ = \arctan(b^*/a^*)$$

$$\text{Diferencia de color total; } \Delta E$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2}$$

3.2.3 Determinación de la firmeza

Referencias: Moraru y col. (2004); Villareal-Alba y col. (2004); Ferreira y col. (2006) y Soysal y col. (2009).

- Principio

La firmeza es el grado de dureza que presenta el fruto en el momento del análisis y mide la resistencia que ofrece el tejido del fruto a la acción de una fuerza externa mediante ensayos de punción o ruptura.

- Material y equipos

- ◇ Texturómetro, TA.XT. plus Texture Analyzer, *Stable Micro Systems* (Surrey, UK).
- ◇ Célula de carga 5 kg (50N), *Stable Micro Systems* (Surrey, UK).
- ◇ Sonda con punta cilíndrica P/0.25S, *Stable Micro Systems* (Surrey, UK).
- ◇ Sonda Warner-Bratzler (WB), *Stable Micro Systems* (Surrey, UK).

- Procedimiento

Previamente a la realización de las medidas, se comprueba la célula de carga (5 kg), se acopla al texturómetro la sonda correspondiente, se calibra la altura de sonda y se tara.

En tomate y pimiento tipo Padrón se realizan ensayos de punción con punta cilíndrica de 6,35 mm de diámetro (1/4" pulgadas) midiendo la fuerza necesaria para alcanzar 10 mm (distancia recorrida de la sonda) a una velocidad de ensayo de 2 mm/seg. Los tomates enteros se colocan sobre el plano ecuatorial en el soporte del texturómetro para efectuar la medida, los pimientos se cortan en trozos de 5 x 2 cm y se colocan sobre el plano del soporte con la cara interior hacia arriba.

En judía se realizan cortes con la sonda Warner-Bratzler (WB) midiendo la fuerza de ruptura a una velocidad de ensayo de 6,66 mm/seg (400 mm/min) en una distancia de recorrido de 20 mm.

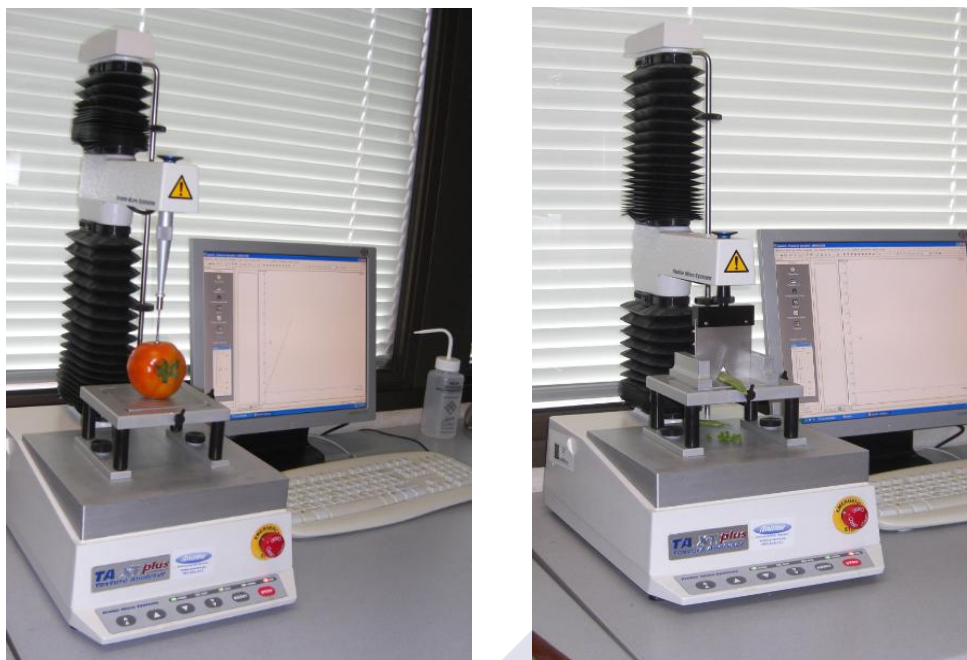


Figura 96. Ensayos de punción y corte en el texturómetro TA.XT. plus

3.2.4 Determinación de sólidos solubles

Referencia: Método 932.12 AOAC (2005)

- Principio

Medida del contenido en sólidos solubles mediante un refractómetro manual. Los sólidos solubles son compuestos principalmente, azúcares y ácidos, que están disueltos en el jugo de la muestra.

- Material y equipos

- ◇ Batidora, 3609DLK Typ Vital *Taurus* (Organya, Lleida).
- ◇ Refractómetro con escala Brix 0-32%, 301 *Labolar* (Navarra, España).
- ◇ Material de vidrio de uso en laboratorio.

- Procedimiento

En tomate, se corta a la mitad (sección ecuatorial) y se deja caer una o dos gotas en el visor del refractómetro, previamente calibrado con agua destilada. En pimiento y judía se tritura una cantidad de muestra y se deposita con la ayuda de una pipeta en el refractómetro. Se lee directamente el porcentaje de sólidos solubles expresado en °Brix.

3.2.5 Determinación de la humedad

Referencia: Simal-Lozano y col. (1986)

- Principio

La técnica empleada es la liofilización, que consiste en la eliminación del agua tras su congelación y posterior sublimación del hielo formado.

- Material y equipos

- ◇ Balanza analítica, ADP 3100/L *Adam Equipment* (Danbury, USA).
- ◇ Batidora, 3609DLK Typ Vital *Taurus* (Organya, Lleida).
- ◇ Liofilizador, Coolsafe Superior PRO 90-80 SCANVAC (Stockholm, Suecia).
- ◇ Recipientes de plástico.

- Procedimiento

Una vez homogeneizada la muestra, se introduce en recipientes plásticos previamente tarados (P_1), se pesan con la muestra (P_2) y se realiza a continuación el proceso de liofilización. Una vez finalizado el mismo, se pesan de nuevo los recipientes conteniendo la muestra liofilizada (P_3). Por diferencia de peso, antes y después de la liofilización, se determina el porcentaje de agua.

- Cálculos

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$$

Siendo:

P_1 = peso en g del recipiente vacío.

P_2 = peso en g del recipiente con la muestra fresca.

P_3 = peso en g del recipiente con la muestra liofilizada.

3.2.6 Determinación de pH

Referencia: Método 981.12 AOAC (2005)

- Principio

Para la determinación del pH se realiza la medida del potencial eléctrico creado en la membrana del electrodo de vidrio, que es función de la actividad de los iones H^+ a ambos lados de la membrana, usando un medidor automático de pH calibrado con solución tampón pH 4,01 y pH 7,00.

- Material y equipos

- ◇ Agitador termo-magnético, ARE *Velp® Scientifica* (Usmate, Italia).
- ◇ Balanza analítica 0,01 g de precisión, SBA 31 *Scaltec* (Usmate, Italia).
- ◇ Electrodo de vidrio, 52-02 *Crison Instruments* (Barcelona, España).
- ◇ Medidor automático de pH, GLP 21 *Crison Instruments* (Barcelona, España).
- ◇ Batidora, 3609DLK Typ Vital *Taurus* (Organya, Lleida).
- ◇ Material de vidrio de uso en laboratorio.

- Reactivos

- ◇ Agua destilada.
- ◇ Solución tampón pH 7,00 a 25 °C, Cód. 94 64 *Crison Instruments*.
- ◇ Solución tampón pH 4,01 a 25 °C, Cód. 94 63 *Crison Instruments*.

- Procedimiento

Previamente se calibra el medidor de pH con dos soluciones tampón de pH 7,00 y pH 4,01. A continuación, se pesan aproximadamente 10 g de muestra, previamente triturada (mezcla de tres frutos), en un vaso de precipitados y se mezclan con 100 mL de agua desionizada hasta obtener una disolución uniforme. Posteriormente, se sumergen los electrodos del medidor de pH en la misma y se realiza la lectura.

3.2.7 Determinación de acidez total

Referencia: Método 942.15 AOAC (2005)

- Principio

Se determina mediante valoración potenciométrica de la muestra con hidróxido de sodio hasta pH 8,1. La acidez total indica el contenido de ácidos libres (cítrico, láctico, málico, acético, ...). El resultado se expresa en porcentaje del ácido predominante en la muestra.

- Material y equipos

- ◇ Agitador termo-magnético, ARE Velp® Scientifica (Usmate, Italia).
- ◇ Balanza analítica 0,01 g de precisión, SBA 31 Scaltec (Göttingen, Alemania).
- ◇ Electrodo vidrio, 52-02 Crison Instruments (Barcelona, España).
- ◇ Medidor automático de pH, GLP 21 Crison Instruments (Barcelona, España).
- ◇ Material de vidrio de uso en laboratorio.

- Reactivos

- ◇ Agua Milli-Q, obtenida de un sistema purificador de agua Millipore Milli-Q plus.
- ◇ Hidróxido de sodio, Cód. 141687.1214 Panreac Química (Barcelona).
- ◇ Solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

- Procedimiento

Se pesan aproximadamente 10 g de muestra, previamente picada, en un vaso de precipitados y se mezclan con 100 mL de agua destilada hasta obtener una mezcla uniforme. Se determina el pH de esta solución y, posteriormente, se titula con hidróxido de sodio 0,1 N de factor conocido, hasta llegar a pH 8,1.

- Cálculos

$$\text{Acidez Total (\% ácido cítrico)} = \frac{N \times f \times V \times F}{P} \times 100$$

Siendo:

N = Normalidad del NaOH (0,1 N)

f = factor de corrección del NaOH

V = volumen de NaOH gastados en la valoración (mL)

F = factor de conversión del ácido cítrico anhidro (0,064)

P = peso de la muestra (g)

3.2.8 Determinación del ácido ascórbico

Referencias: Gökmen y col. (2000), Baardseth y col. (2010)

- Principio

Determinación de la concentración de vitamina C mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en fase reversa con detector de diodo array.

- Material y equipos

- ◇ Batidora, 3609DLK Typ Vital, *Taurus* (Organya, Lleida).
- ◇ Balanza analítica 0,01 g de precisión, SBA 31, *Scaltec* (Göttingen, Alemania).
- ◇ Agitador termo-magnético, ARE, *Velp® Scientifica* (Usmate, Italia).
- ◇ Columna Spherisorb ODS2 con dimensiones de 4,6 x 250 mm y empacada con partículas de 5 µm, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Precolumna C₁₈ Spherisorb ODS2 con dimensiones de 4,6 x 20 mm y empacada con partículas de 5 µm, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Equipo de cromatografía líquida de alta resolución que consta de:
 - Unidad de gradiente ternario (mezclador), LG-2080-02, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Bomba para HPLC, PU-2080 plus, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Horno de columna para HPLC, G2K0229, *Gecko* (Alemania).
 - Detector, UV-2075 plus, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Inyector manual, bucle de 20 µl, 7725i *Rheodyne* (Alemania).
 - Software Borwin Chromatography 1.50, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Unidad LC-Net II/ADC, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
- ◇ Filtros de jeringa de nylon de 0,2 µm, 200834, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Jeringa de 50 µL, *SGE* (MK, Reino Unido).
- ◇ Baño ultrasónicos, *JKm* (Alabama, USA).
- ◇ Papel de filtro 110 mm Ø, No 1238, *Filter-Lab* (Barcelona, España).
- ◇ Agitador tipo vórtex, *Velp® Scientifica* (Usmate, Italia).
- ◇ Micropipetas automáticas 200 µL y 1000 µL, P75085L y P73845L respectivamente, *Gilson* (Wisconsin, USA).
- ◇ Material de vidrio de uso en laboratorio.

- Reactivos

- ◇ Agua Milli-Q, obtenida de un sistema purificador de agua *Millipore Milli-Q plus*.
- ◇ Ácido L(+)-Ascórbico, Cód. 131013.1209, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Ácido fosfórico al 85%, Cód. 135324.1209, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Potasio di-hidrógeno fosfato (KH_2PO_4), Cód. 131509.1210, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Ácido meta-fosfórico, Cód. 135324.1209, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Ditiotreitól (DTT), Cód. D0632, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).
- ◇ Sodio di-hidrógeno fosfato anhidro (NaH_2PO_4), Cód. 122018.1210, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ di-Potasio hidrógeno fosfato anhidro (K_2HPO_4), Cód. 131512.1209, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Solución de ácido meta-fosfórico al 5%.
- ◇ Solución de ácido ortofosfórico 2 M.
- ◇ Solución de di-potasio hidrógeno fosfato anhidro (K_2HPO_4) al 45%.
- ◇ Solución de ditiotreitól (DTT) al 2 %, se diluye en un tampón fosfato de sodio 0,2 M pH 7.
- ◇ Solución de sodio di-hidrógeno fosfato anhidro (NaH_2PO_4) 0,2 M.

- Condiciones de determinación

- ◇ Fase móvil: solución de potasio di-hidrógeno fosfato (KH_2PO_4) 0,2 M, llevada a pH 2,4 con ácido fosfórico al 85%
- ◇ Flujo: 0,8 mL/min
- ◇ Longitud de onda detección: 254 nm
- ◇ Temperatura del horno de columna: 25 °C

- Procedimiento

En condiciones de máxima oscuridad en el laboratorio, se tritura con la batidora la muestra fresca. Se pesan aproximadamente 5 g de muestra triturada en un vaso de precipitados, se añade ácido meta-fosfórico (HPO_3)_n al 5% (p/v) hasta cubrir la muestra, se tapa bien el matraz con papel aluminio y durante 15 min se agita en agitador termo-magnético. Al finalizar se pasa a un matraz aforado de 25 mL con un embudo de vidrio lavando bien los restos y enrasando con ácido meta-fosfórico y se agita en el vórtex. A continuación, se filtra a través de papel de filtro de 110 mm de

diámetro (Filter-Lab No 1238) y se vuelve a filtrar a través de un filtro de jeringa de nylon de 0,2 μm antes de inyectar en el equipo por duplicado.

La reducción de la muestra (sólo judía verde) se realiza añadiendo a 1 mL del filtrado, 0,2 mL de una solución de DTT al 0,2% y 0,1 mL de la solución de K_2HPO_4 al 45%. Se homogeniza en vórtex y se deja en oscuridad y temperatura ambiente durante 10 min. Transcurrido este tiempo, se añaden 0,2 mL de ácido fosfórico 2 M para detener la reducción.

En las figuras 97, 98, 99 y 100 se representan los cromatogramas del patrón de ácido ascórbico y de una muestra de cada uno de los productos analizados, tomate, pimiento y judía, respectivamente.

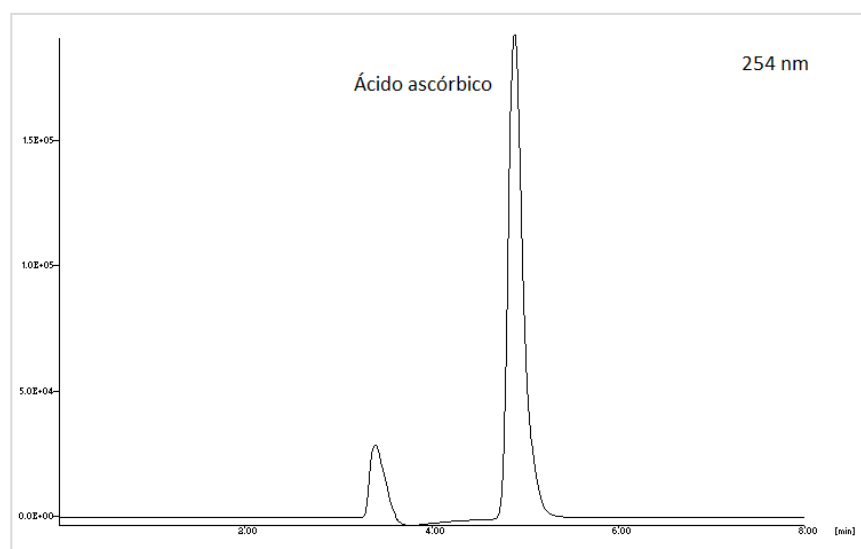


Figura 97. Cromatograma del patrón de ácido ascórbico 254 nm

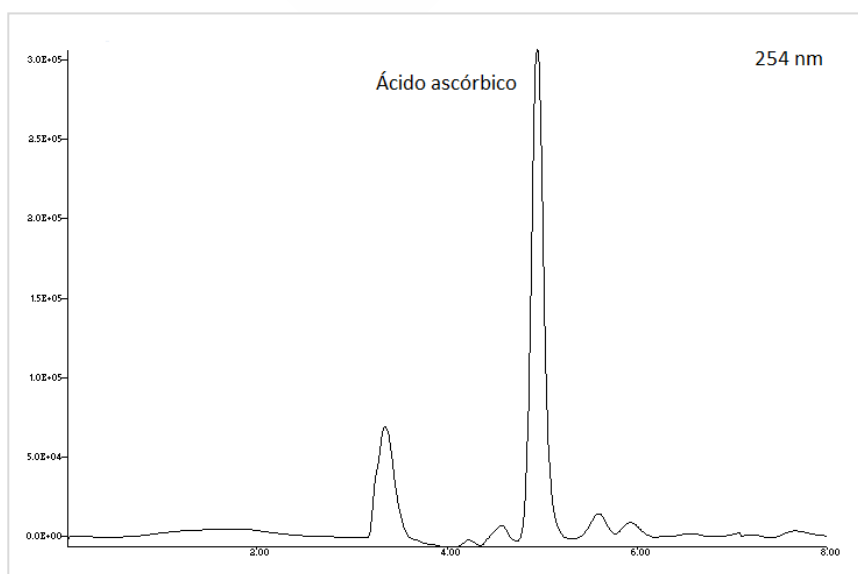


Figura 98. Cromatograma de una muestra de tomate a 254 nm

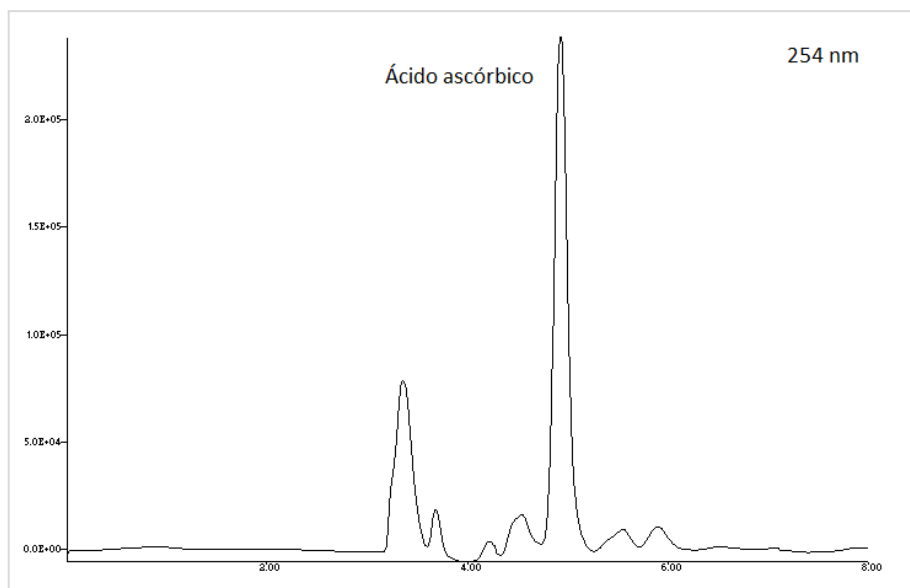


Figura 99. Cromatograma de una muestra de pimiento tipo Padrón a 254 nm

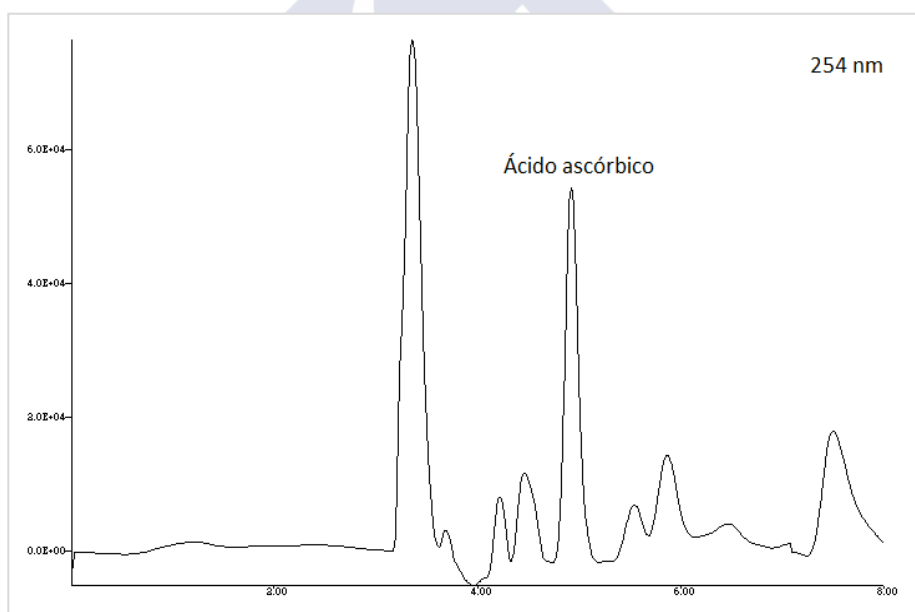


Figura 100. Cromatograma de una muestra de judía verde a 254 nm

- Cálculos

La concentración de ácido ascórbico, (mg/100 g de materia fresca) en las muestras, se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9998$), obtenida de nueve alícuotas de 0,02; 0,2; 0,5; 1; 2; 4 y 6 mL de una solución patrón (0,14 mg/mL) enrasadas a 10 mL con ácido meta-fosfórico (Figura 101).

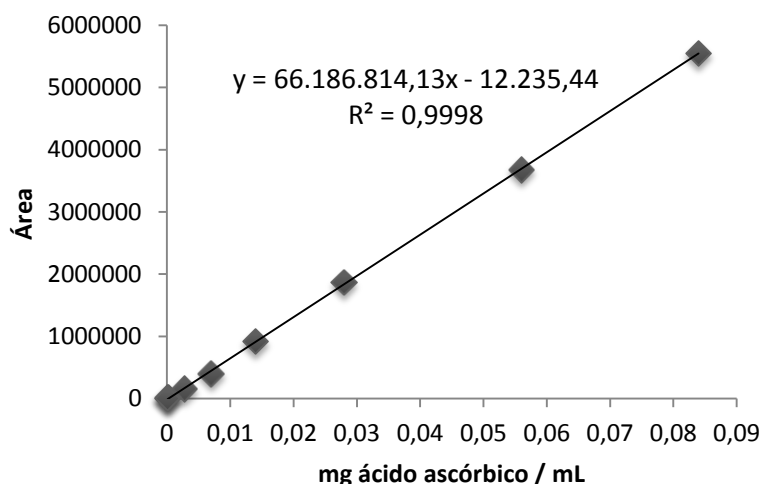


Figura 101. Recta de calibrado para el ácido ascórbico

Una vez comprobada la linealidad ($R^2=0,9998$) del método analítico, se determinan otros parámetros de validación, según *Sánchez-Rodríguez y Villalobos-Galindo* (2010), que permiten confirmar que la metodología analítica empleada es adecuada para los fines a los cuales se destina.

Los parámetros de validación calculados, para cada uno de los productos estudiados son la reproducibilidad (precisión del método), la repetibilidad (precisión de la medida), ambos expresados como el coeficiente de variación (% CV), y la exactitud expresado como porcentaje de recuperación (Tabla 55).

Tabla 55. Parámetros de validación en la determinación de ácido ascórbico

		Ácido ascórbico
Tomate	Reproducibilidad (%CV)	5,74
	Repetibilidad (%CV)	4,57
	% recuperación	97,03
Pimiento	Reproducibilidad (%CV)	5,52
	Repetibilidad (%CV)	4,16
	% recuperación	98,00
Judía	Reproducibilidad (%CV)	6,92
	Repetibilidad (%CV)	4,89
	% recuperación	96,13

Además se han calculado los límites de cuantificación y detección para el ácido ascórbico que son 0,0210 $\mu\text{g/mL}$ y 0,0122 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente.

3.2.9 Determinación de los compuestos del color

3.2.9.1 Determinación de los compuestos del color en tomate

Referencia: Ordóñez-Santos y col. (2009); Markovic y col. (2010)

Principio

Determinación de la concentración de los compuestos de color mayoritarios, licopeno y β -caroteno mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en fase reversa con detector de diodo array.

- Material y equipos

- ◇ Batidora, 3609DLK Typ Vital *Taurus* (Organya, Lleida).
- ◇ Balanza analítica 0,01 g de precisión, SBA 31 *Scaltec* (Göttingen, Alemania).
- ◇ Agitador termo-magnético, ARE *Velp® Scientifica* (Usmate, Italia).
- ◇ Filtros de jeringa de nylon de 0,2 μ m, 200834 *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Jeringa de 50 μ L, *SGE* (MK, Reino Unido).
- ◇ Columna C₁₈ Sun Fire con dimensiones de 250 x 4.6 mm y empacada con partículas de 5 μ m, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Precolumna C₁₈ Sun Fire con dimensiones de 20 x 4.6 mm y empacada con partículas de 5 μ m, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Equipo de cromatografía líquida de alta resolución que consta de:
 - Unidad de gradiente ternario (mezclador) LG-1580-02 *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Bomba para HPLC, PU-1580 plus, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Horno de columna para HPLC, 90305-2 *Jetstream* (Langenzersdorf, Austria).
 - Detector multilongitud de onda UV/VIS (diodo-array), MD-1515 *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Inyector manual, bucle de 20 μ l, 7725i *Rheodyne* (Alemania).
 - Software ChromNAV chromatography data System, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Unidad LC-Net II/ADC, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
- ◇ Baño ultrasonidos, *JKm* (Alabama, USA).
- ◇ Material de vidrio de uso en laboratorio.

- Reactivos

- ◇ n-Hexano grado HPLC, Cód. 104391.2500, *Merck* (Madrid, España).
- ◇ Acetona, Cód. 131007.1214, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT) 98%, Cód. 162825.1209, *Panreac*.
- ◇ Etanol 96% v/v, Cód. 141085.1212, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Metanol grado HPLC, Cód. 361091.1612, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Tetrahidrofurano (THF) grado HPLC, Cód. 361736.1611, *Panreac* (Barcelona).
- ◇ Agua Milli-Q, obtenida de un sistema purificador de agua *Milipore Milli-Q plus*.
- ◇ Licopeno, Cód. L9879, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).
- ◇ β -caroteno, Cód. C-9750, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).

- Condiciones de determinación

- ◇ Fase móvil: Metanol / THF / H₂O-Milli-Q (67: 27:6 v/v/v).
- ◇ Flujo: 2 mL/min
- ◇ Longitudes de onda detección: β -caroteno (450 nm) y licopeno (475 nm).
- ◇ Temperatura del horno de columna: 30 °C

- Procedimiento

En condiciones de máxima oscuridad en el laboratorio, se trituran con la ayuda de una batidora, muestras de tomate fresco. Se pesan aproximadamente 2 g de muestra y se pasa a un matraz erlenmeyer de 250 mL, se adicionan 50 mL del solvente n-hexano/solución BHT-acetona/etanol 96% (v/v) (2:1:1 v/v/v), que contiene 2,5% (p/v) de BHT en acetona. El matraz se tapa bien con papel aluminio, se cubre con hielo en escamas y se somete a agitación magnética en placa. Pasados 10 min se añaden 10 mL de agua destilada y se deja 5 min más en agitación. Al acabar la agitación se distinguen dos fases (orgánica y acuosa). Se retira con la ayuda de una pipeta Pasteur la fase orgánica, que contiene los compuestos del color, y se filtra dos veces a través de filtros de jeringa de nylon de 0,2 μ m antes de la inyección por duplicado de cada muestra.

En las figuras 102 y 103 se representan los cromatogramas de los patrones de licopeno y β -caroteno y de una muestra de tomate, respectivamente.

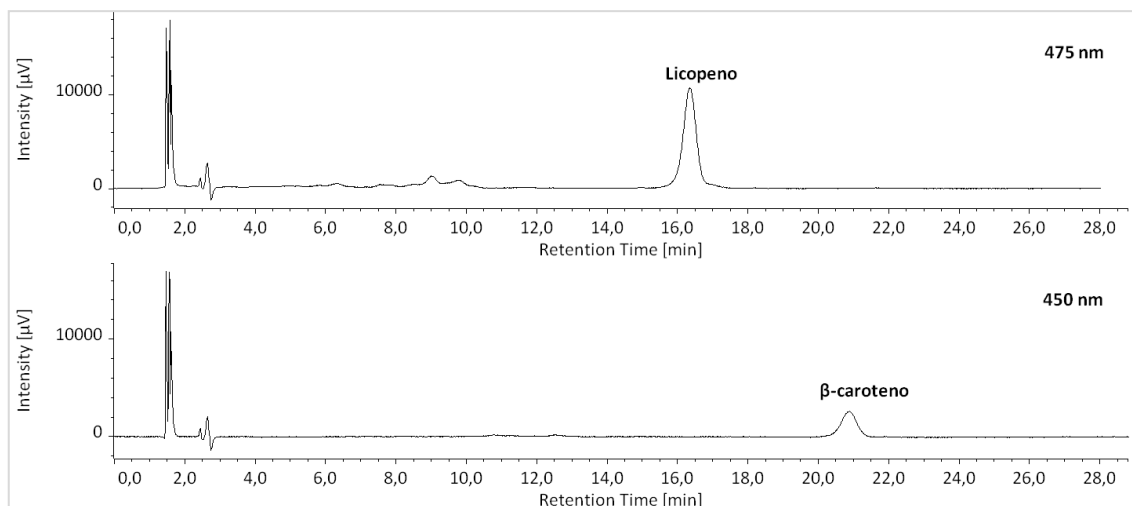


Figura 102. Cromatograma del patrón de licopeno y β -caroteno

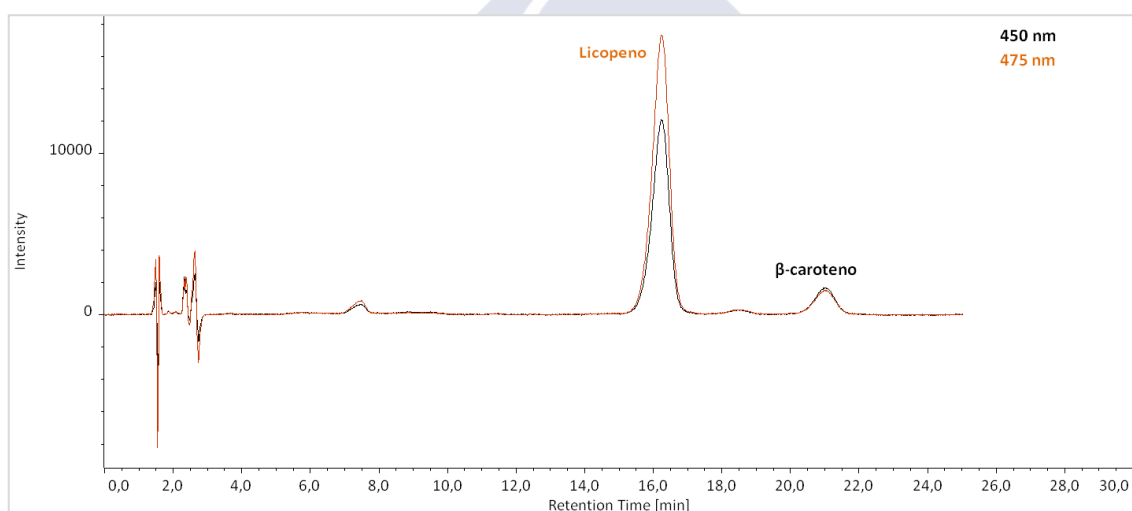


Figura 103. Cromatograma de una muestra de tomate

- Cálculos

La concentración de licopeno (mg/100 g de materia fresca) en las muestras, se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9967$), obtenida de seis alícuotas de 0,5; 1; 2; 4; 6 y 8 mL de una solución patrón (0,02 mg/mL) enrasadas a 10 mL con el solvente (Figura 104).

La concentración de β -caroteno (mg/100 g de materia fresca), se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9988$), obtenida de seis alícuotas de 0,5; 1; 3; 5; 6; 5 y 8 mL de una solución patrón (0,021 mg/mL) enrasadas a 50 mL con el solvente (Figura 105).

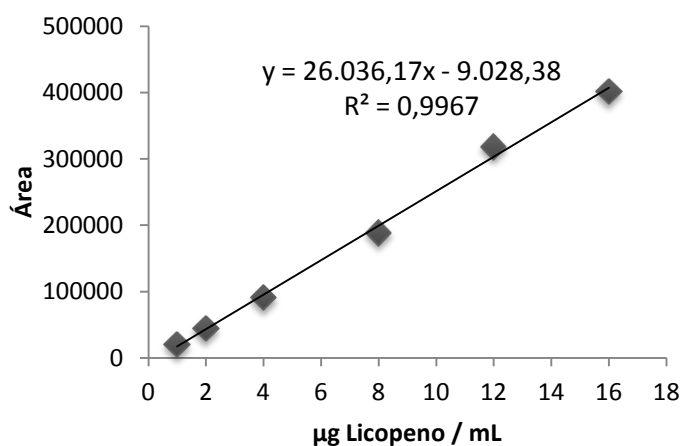


Figura 104. Rectas de calibrado para el Licopeno

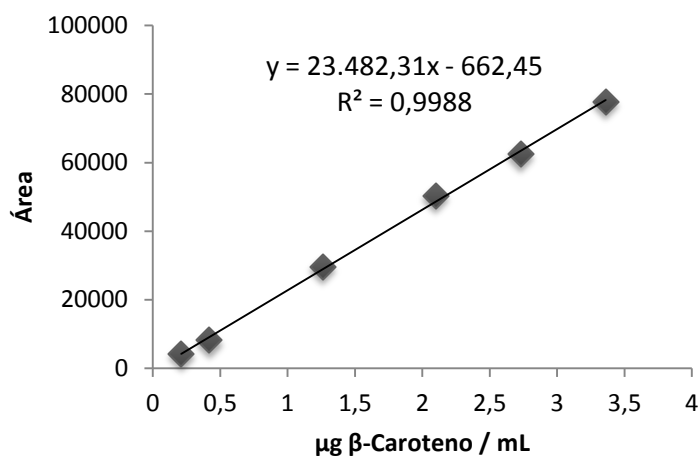


Figura 105. Rectas de calibrado para el β-caroteno

Calculada la linealidad para el licopeno ($R^2 = 0,9967$) y el β -caroteno ($R^2 = 0,9988$), se determinan los demás parámetros de validación del método analítico (Tabla 56).

Tabla 56. Parámetros de validación en la determinación de los compuestos de color del tomate

		Licopeno	β-caroteno
Tomate	Reproducibilidad (%CV)	2,91	2,30
	Repetibilidad (%CV)	2,34	2,41
	% recuperación	101,02	97,30

Los límites de cuantificación y detección para el licopeno son 0,122 µg/mL y 0,074 µg/mL, respectivamente. Para el β -caroteno son 0,139 µg/mL y 0,081 µg/mL.

3.2.9.2 Determinación de los compuestos del color en pimiento y judía verde

Referencia: Nishiyama y col. (2005)

Principio

Determinación de la concentración de los compuestos de color mayoritarios, β -caroteno, luteína, clorofila a y clorofila b, mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en fase reversa con detector de diodo array.

- Material y equipos

- ◇ Batidora, 3609DLK Typ, Vital, *Taurus* (Organya, Lleida).
- ◇ Balanza analítica 0,01 g de precisión, SBA 31, *Scaltec* (Göttingen, Alemania).
- ◇ Agitador tipo vórtex, *Velp® Scientifica* (Usmate, Italia).
- ◇ Micropipeta automática 200 μ L, P75085L, *Gilson* (Wisconsin, USA).
- ◇ Papel de filtro 110 mm \varnothing , No 1238, *Filter-Lab* (SP de Riudebitlles, Barcelona).
- ◇ Embudo Büchner.
- ◇ Mortero.
- ◇ Pipetas Pasteur.
- ◇ Filtros de jeringa de nylon de 0,2 μ m, 200834, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Baño ultrasonidos, *JKm* (Alabama, USA).
- ◇ Jeringa de 50 μ L, *SGE* (MK, Reino Unido).
- ◇ Columna C₁₈ Sun Fire con dimensiones de 250 x 4.6 mm y empacada con partículas de 5 μ m, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Precolumna C₁₈ Sun Fire con dimensiones de 20 x 4.6 mm y empacada con partículas de 5 μ m, *Waters* (Massachusetts, EE.UU).
- ◇ Equipo de cromatografía líquida de alta resolución que consta de:
 - Unidad de gradiente ternario (mezclador), LG-1580-02, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Bomba para HPLC, PU-1580 plus, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Horno de columna para HPLC, 90305-2, *Jetstream* (Langenzersdorf, Austria).
 - Detector multilongitud de onda UV/VIS (diodo-array), MD-1515, *Jasco* (Maryland, EE.UU).
 - Inyector manual, bucle de 20 μ L, 7725i, *Rheodyne* (Alemania).
 - Software ChromNAV chromatography data System, *Jasco* (Maryland, EE.UU).

- Unidad LC-Net II/ADC, *Jasco* (Maryland, EE.UU).

◇ Material de vidrio de uso en laboratorio.

- Reactivos

◇ Acetonitrilo grado HPLC, Cód. 221881.1612, *Panreac Química* (Barcelona).

◇ Acetato de etilo (UV-IR-HPLC preparative), Cód. 361318.1612, *Panreac*.

◇ Acetona a -20 °C AC, Cód. 03112500, *Scharlau* (Barcelona, España).

◇ Etanol absoluto a -20 °C (UV-IR-HPLC), Cód. 361086.1612, *Panreac*.

◇ Metanol de grado analítico ACS, NF, ME, Cód. 0316, *Scharlau*

◇ Carbonato de sodio anhidro, Cód. 141648.1211, *Panreac Química* (Barcelona).

◇ Agua Milli-Q, obtenida de un sistema purificador de agua *Milipore Milli-Q plus*.

◇ Clorofila *a*, Cód. C5753-1 mg, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).

◇ Clorofila *b*, Cód. C5878-1 mg, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).

◇ β -caroteno, Cód. C9750-5 g, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).

◇ Luteína, Cód. X6520-1 mg, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).

◇ Neoxantina, Cód. ASB-00014288-00A – 2,5 mL, *ChromaDex* (Irvine, USA).

◇ Violaxantina, Cód. ASB-00022535-00A – 2,5 mL, *ChromaDex* (Irvine, USA).

- Condiciones de determinación

◇ Fase móvil: Fase A: Acetonitrilo/agua (90:10 v/v).

Fase B: Acetato de etilo.

◇ Flujo: 1,5 mL/min

◇ Modo en gradiente: a lo largo de 15 min el porcentaje de B se va incrementando hasta alcanzar un 60%, porcentaje que se mantiene durante 10 min más. El tiempo total es de 25 min.

◇ Longitudes de onda detección: clorofila *a* (430 nm), β -caroteno y luteína (450 nm) y clorofila *b* (460 nm).

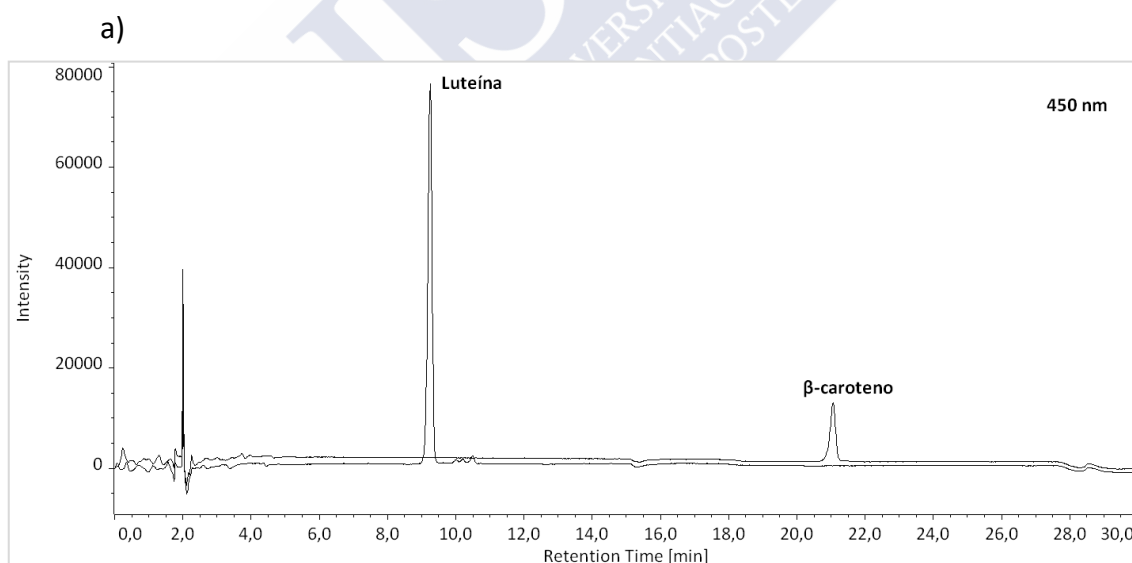
◇ Temperatura del horno de columna: 25 °C

- Procedimiento

Se tritura la muestra con la batidora unos 60 segundos, hasta obtener un triturado homogéneo, al que previamente se añade carbonato sódico (2 g Na_2CO_3 /100 g muestra) para corregir la acidez y evitar que las clorofilas se degraden y pasen a feofitinas. Se pesan 10 g en el mortero y se añaden 15 mL de acetona fría a -20°C , se machaca con el mortero la muestra durante 1 min y se filtra a vacío, se vuelve a añadir 2 veces más 15 mL de acetona y se repite el proceso. Estas operaciones se llevan a cabo rápidamente en luz tenue y en recipientes cubiertos con papel de aluminio para prevenir la fotodegradación de los pigmentos.

El filtrado de las 3 extracciones se pasa a un matraz de 50 mL, se enrasa con acetona fría a -20°C . A continuación, se filtra dos veces a través de un filtro de jeringa de nylon de $0,2\ \mu\text{m}$ y la muestra filtrada se introduce en frascos ámbar. Se toman $20\ \mu\text{L}$ del filtrado anterior y se inyectan en el HPLC por duplicado. Si las muestras no son procesadas en el momento se mantienen en frío a -20°C .

Los cromatogramas de los patrones, luteína, β -caroteno, clorofila b y clorofila a, se muestran en la figura 106. En las figuras 107 y 108 se muestran los cromatogramas de una muestra de pimiento y judía verde, respectivamente.



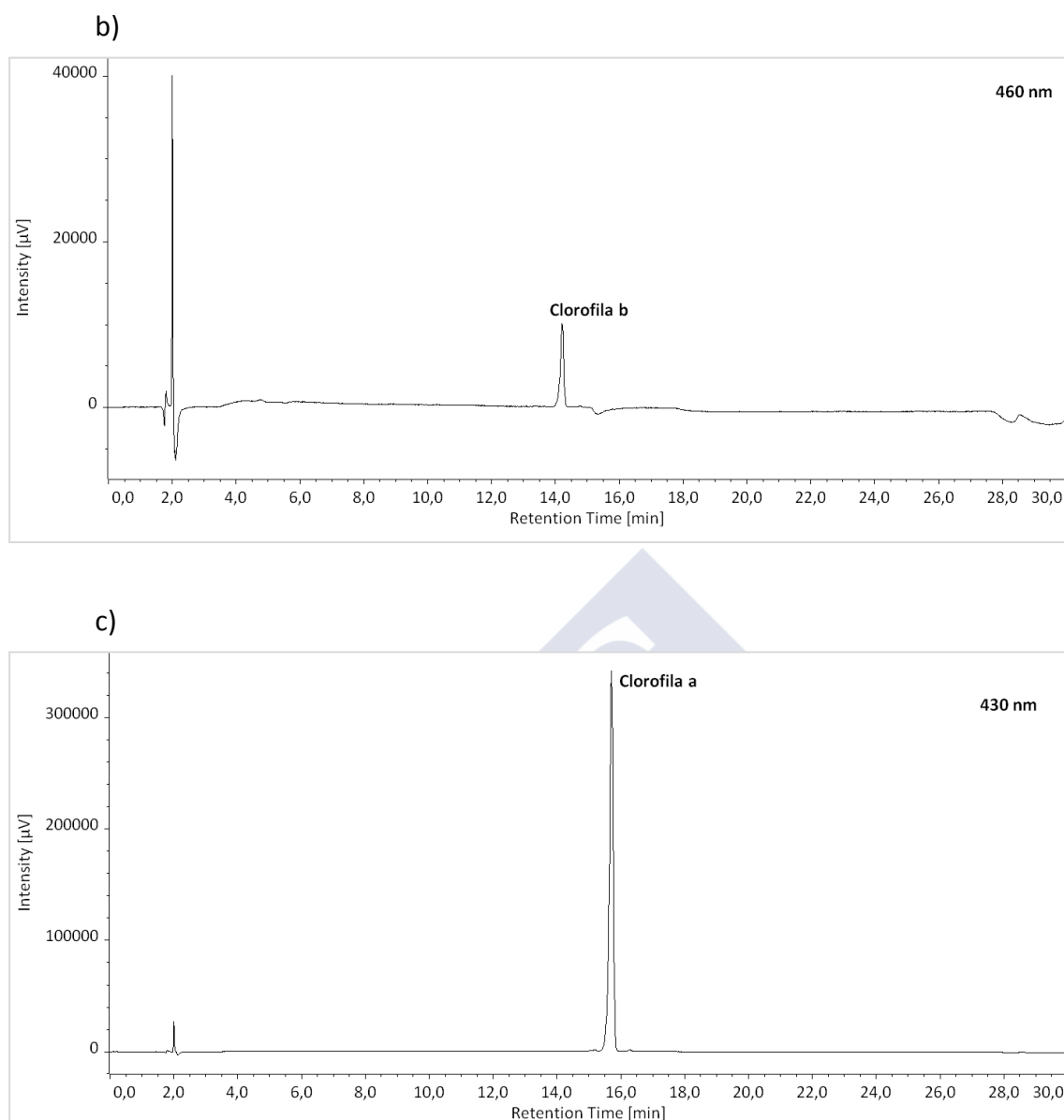


Figura 106. Cromatogramas de los patrones de luteína y β -caroteno (a), clorofila b (b) y clorofila a (c)

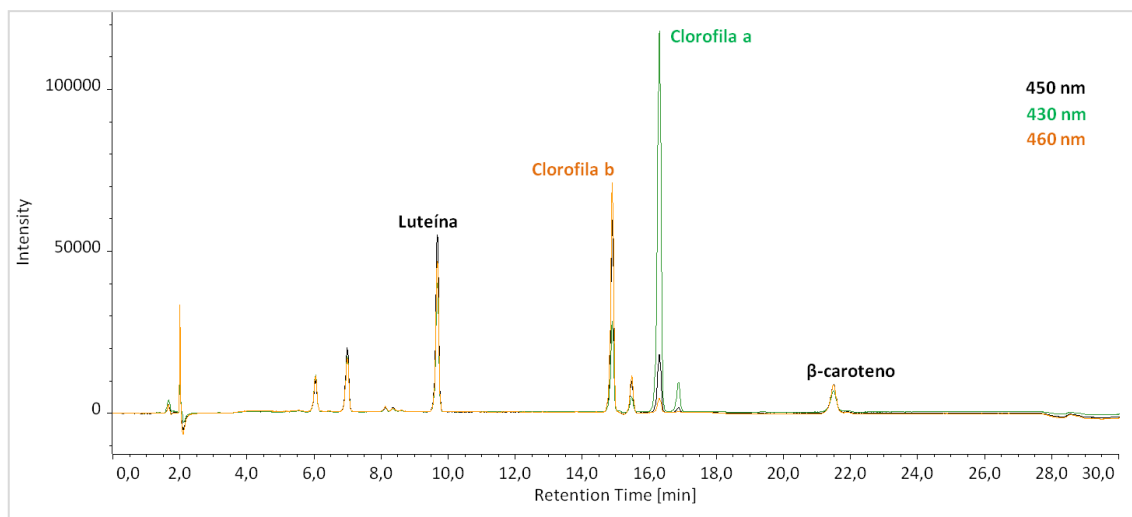


Figura 107. Cromatograma de una muestra de pimiento tipo Padrón

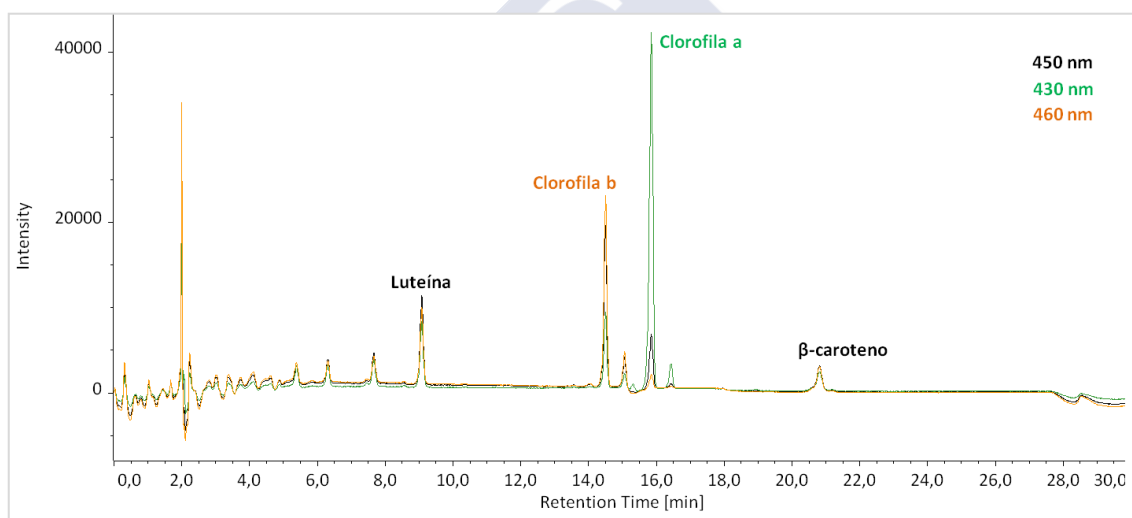


Figura 108. Cromatograma de una muestra de judía verde

- Cálculos

La concentración de β-caroteno (mg/100 g de materia fresca) en las muestras se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9995$), obtenida de siete alícuotas de 0,4; 0,8; 2; 3; 5; 7 y 8 mL de una solución patrón (5,98 µg/mL) enrasadas a 10 mL con acetona fría a -20 °C (Figura 109). Los límites de cuantificación y detección son 0,125 µg/mL y 0,078 µg/mL, respectivamente.

La concentración de luteína (mg/100 g de materia fresca) se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9999$), obtenida de ocho alícuotas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 2; 6 y 8 mL de una solución patrón (6 µg/mL) enrasadas a 10 mL con acetona fría a -20

°C (Figura 109). Los límites de cuantificación y detección son 0,018 µg/mL y 0,009 µg/mL, respectivamente.

La concentración de clorofila a (mg/100 g de materia fresca) se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9918$), obtenida de seis alícuotas de 0,3; 0,5; 1; 1,5; 3 y 4 mL de una solución patrón (50 µg/mL) enrasadas a 5 mL con acetona fría a -20 °C. La solución patrón también forma parte de la recta de calibrado (Figura 109). Los límites de cuantificación y detección son 0,051 µg/mL y 0,016 µg/mL, respectivamente.

La concentración de clorofila b (mg/100 g de materia fresca) se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9935$), obtenida de seis alícuotas de 0,8; 1; 2; 3; 4 y 5 mL de una solución patrón (8 µg/mL) enrasadas a 10 mL con acetona fría a -20 °C. La solución patrón también forma parte de la recta de calibrado (Figura 109). Los límites de cuantificación y detección son 0,019 µg/mL y 0,011 µg/mL, respectivamente.

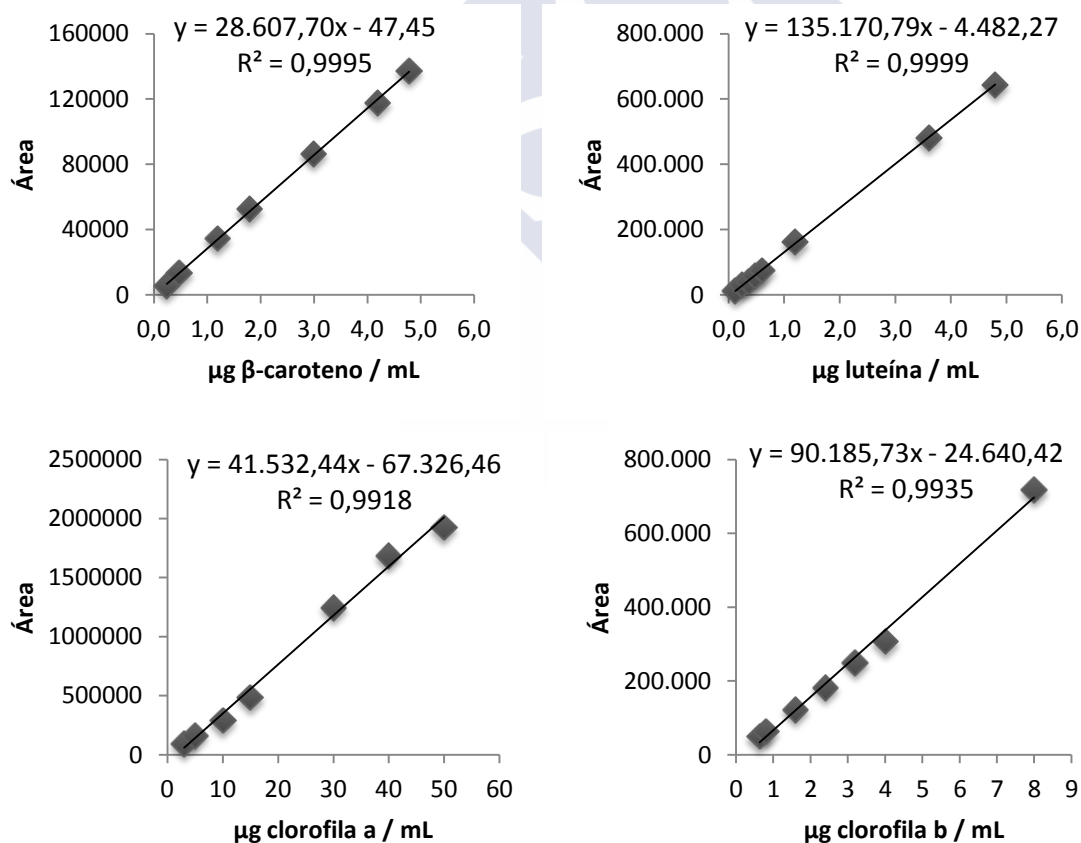


Figura 109. Rectas de calibrado para los patrones β-caroteno, luteína, clorofila a y clorofila b

Calculada la linealidad para cada uno de los patrones, los demás parámetros de validación del método analítico, la precisión del método y de la medida, se muestran en la tabla 57.

Tabla 57. Parámetros de validación en la determinación de los compuestos de color del pimiento y judía verde

		Luteína	β-caroteno	Clorofila a	Clorofila b
Pimiento	Reproducibilidad (%CV)	4,06	3,22	2,12	3,14
	Repetibilidad (%CV)	4,71	1,34	0,96	1,09
	% recuperación	103,98	99,80	97,84	100,75
Judía	Reproducibilidad	3,85	4,93	2,91	2,87
	Repetibilidad	5,64	6,09	4,49	1,93
	% recuperación	96,36	96,48	97,52	103,0

3.2.10 Determinación de fenoles totales

Referencia: Singleton y Rossi (1965); Slinkard y Singleton (1977); Singleton y col. (1999); Oboh (2005) y Mondragón-Portocarrero (2006).

- Principio

Utilización del reactivo propuesto por Otto Folin y Ventila Ciocalteu's, el cual tiene la capacidad de reaccionar, de forma completa y rápida, con sustancias oxidables en un medio alcalino, desarrollando una coloración azul, cuya intensidad, determinada espectrofotométricamente por la absorbancia del extracto a 760 nm, es proporcional a la concentración de dichas sustancias en la muestra.

- Material y equipos

- ◇ Balanza analítica 0,01 g de precisión, SBA 31, *Scaltec* (Göttingen, Alemania).
- ◇ Estufa, *Indelab* (Navarra, España).
- ◇ Microcubetas de poliestireno de 2,5 mL, *Dispolab Kartell* (Australia)
- ◇ Agitador tipo vórtex, *Velp® Scientifica* (Usmate, Italia).
- ◇ Papel de filtro 110 mm Ø, No 1238, *Filter-Lab* (Barcelona, España).
- ◇ Espectrofotómetro UV/VIS de doble haz, V-530, *Jasco* (Maryland, EE.UU) con Software Spectra Manager for Windows 95/NT.
- ◇ Material de vidrio de uso en laboratorio.

- Reactivos

- ◇ Agua Milli-Q, obtenida de un sistema purificador de agua *Millipore Milli-Q plus*.
- ◇ Acetona, Cód. AC03112500, *Scharlau* (Barcelona, España).
- ◇ Carbonato de sodio anhidro, Cód. 131648.1210, *Panreac Química* (Barcelona).
- ◇ Reactivo Folin-Ciocalteu's phenol 2 N, Cód. F9252, *Sigma-Aldrich* (Misuri, EE.UU).
- ◇ Ácido gálico 98%, Cód. 410862500, *Acros Organics* (Geel, Belgica).
- ◇ Solución de acetona al 70% (v/v).
- ◇ Solución de carbonato de sodio 75 g/L.
- ◇ Solución del Reactivo Folin-Ciocalteu's phenol 2 N 1/10, en agua Milli-Q.

- Procedimiento

Se pesan aproximadamente 0,03 g de muestra liofilizada y se le añaden 20 mL de acetona al 70% conservada a 4 °C. Se mezcla en el vórtex y se deja en reposo a 4 °C durante aproximadamente 12 horas. La solución obtenida se filtra a través de papel Abet 135. Del filtrado anterior, se toman 2 mL y se le adicionan 10 mL de una solución 1/10 de Reactivo Folin-Ciocalteu's 2 N. Se mezcla cuidadosamente en el vórtex, se deja en reposo durante 3 min y, a continuación, se agregan 8 mL de una solución de carbonato de sodio (75 g/L). Nuevamente, se mezcla en vórtex y se lleva a incubar a 25 °C durante 90 min. Finalizado ese tiempo, las muestras exhibirán un color azul, cuya absorbancia se mide a 760 nm. Cada lectura se realiza por triplicado.

- Cálculos

La concentración de ácido gálico (mg/100 g de materia fresca) en las muestras, se determina a partir de la recta de calibrado ($R^2=0,9954$), obtenida de ocho alícuotas de 0,3; 0,5; 0,6; 0,8; 2,5; 3,5; 4,5 y 5,5 mL de una solución patrón (1,073 mg/mL) enrasadas a 20 mL con acetona al 70%. A 2 mL de cada alícuota se le adicionan 10 mL de una solución 1/10 de Reactivo Folin-Ciocalteu's 2 N y 8 mL de la solución de carbonato de sodio (Figura 110).

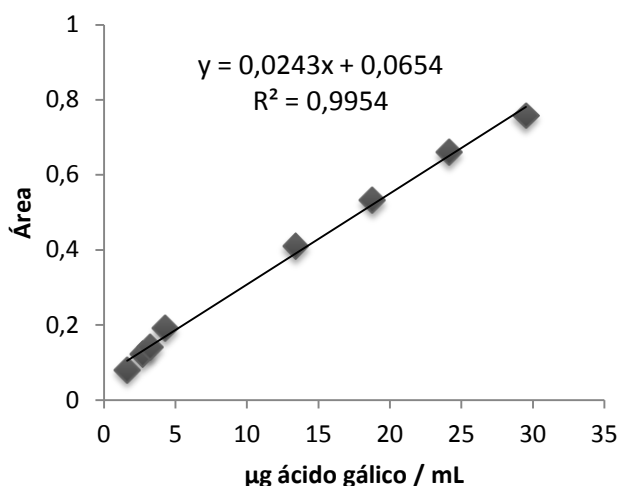


Figura 110. Recta de calibrado para el ácido gálico

Calculada la linealidad para el ácido gálico ($R^2=0,9954$), en la siguiente tabla (Tabla 58) se muestran los resultados de estudiar la precisión del método, la precisión de la medida y el porcentaje de recuperación para cada producto analizado.

Tabla 58. Parámetros de validación en la determinación de los fenoles totales

		Ácido gálico
Tomate	Reproducibilidad (%CV)	3,21
	Repetibilidad (%CV)	2,50
	% recuperación	98,52
Pimiento	Reproducibilidad (%CV)	2,76
	Repetibilidad (%CV)	2,77
	% recuperación	101,43
Judía	Reproducibilidad (%CV)	2,80
	Repetibilidad (%CV)	2,90
	% recuperación	97,44

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos obtenidos a nivel sensorial y físico-químico se realiza independientemente para cada producto, tomate, pimiento y judía. Para cada uno de ellos se trata independientemente cada ensayo (septiembre 2010, junio 2011 y septiembre 2011).

A los datos correspondientes a las variables físico-químicas y a las variables sensoriales evaluadas con escalas no estructuradas de 10 cm, se les aplica el tratamiento estadístico ANOVA (análisis de la varianza) de 2 factores, siendo éstos la utilización o no del envasado en atmósfera modificada (control y envasada) y el tiempo de almacenamiento (7, 14 y 21 días) con interacción ($E*t$).

Si se obtienen diferencias significativas en la interacción, se realiza un estudio por separado de cada uno de los factores aplicando:

- ANOVA de 1 factor (tiempo almacenamiento) en las dos muestras (control y envasada), con el fin de conocer si existen diferencias a lo largo del tiempo de almacenamiento.

- test t-Student para conocer si existen diferencias significativas entre las muestras control y las envasadas en atmósfera modificada en cada uno de los muestreos realizados.

A los datos correspondientes a los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos, se aplica test Chi-cuadrado de Pearson (*Moskowitz y col.*, 2006; *Bower*, 2009; *Gacula y col.*, 2009) que permite relacionar la presencia/ausencia de la variable estudiada en función de la utilización o no del sistema de envasado (control o envasada).

El análisis de los resultados obtenidos mediante los descriptores sensoriales evaluados con escalas estructuradas de tres puntos, se realiza mediante la prueba U de Mann-Whitney (*Moskowitz y col.*, 2006; *Gacula y col.*, 2009).

El tratamiento de los datos obtenidos a partir de la pregunta de respuesta libre para el catador (donde el catador puede anotar cualquier otro tipo de alteración que presente el producto a evaluar), se realiza mediante el cálculo de porcentajes.



Capítulo II

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Tal como se ha expuesto en el apartado 3.1, durante el desarrollo del proyecto *Horto-palet*, se realizan tres ensayos (septiembre de 2010, junio de 2011 y septiembre de 2011) con tres productos vegetales (tomate, pimiento tipo Padrón y judía verde).

4.1 RESULTADOS DEL PRIMER ENSAYO (SEPTIEMBRE 2010)

El tomate de partida, no es homogéneo en cuanto al grado de madurez, por lo que se decide dividir las muestras en dos grupos, tomate verde y tomate maduro y realizar una toma de muestra doble para este producto.

A nivel visual, se observa que desde el primer muestreo, es decir, desde la primera semana de envasado, los palets de los tres productos vegetales presentan gran condensación de vapor de agua en el interior del envase, tal y como se muestra en la siguiente figura.



Figura 111. Condensación de vapor de agua en palet de tomate, pimiento y judía verde envasados en atmósfera modificada (septiembre 2010)

4.1.1 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en tomate

• Tomate verde

En la tabla 59 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en tomate verde, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Además se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores, siendo éstos la utilización o no del envasado en atmósfera modificada y el tiempo de almacenamiento (7, 14 y 21 días) con interacción (t^*E). En la misma tabla también se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del test t-Student al comparar las evaluaciones obtenidas a los 0 y 7 días de almacenamiento.

Asimismo, en la tabla 60 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en tomate verde a lo largo del tiempo de almacenamiento y los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días), sobre los datos obtenidos.

A nivel sensorial, en los descriptores evaluados con escala no estructurada no se encuentran diferencias significativas ($p > 0,05$) en función del tiempo de almacenamiento ni entre muestras (control y envasada). Únicamente, se encuentran diferencias significativas en la interacción en “intensidad del color externo” ($p \leq 0,05$), “firmeza” ($p \leq 0,01$) e “intensidad del color interno” ($p \leq 0,05$) (Tabla 59).

A nivel físico-químico, la interacción es significativa en la acidez ($p \leq 0,001$), los sólidos solubles ($p \leq 0,01$), el contenido en ácido ascórbico ($p \leq 0,05$) y el contenido en fenoles totales ($p \leq 0,05$) (Tabla 60).

En estas variables, con interacción significativa se analizan los datos independientemente, por muestreo o por muestra (control y envasada). Los resultados indican que el efecto del tiempo sobre cada una de estas variables no es sistemático en las dos muestras (control y envasada), es decir, no hay una diferencia clara entre las dos muestras y, además, se encuentran fluctuaciones en los valores obtenidos en las dos muestras (control y envasada) en los diferentes muestreos (Tablas 59 y 60).

Tabla 59. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en tomate verde (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-7 días)

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad del color externo	0,9 \pm 0,7	0,9 \pm 1,0	1,2 \pm 1,2	1,7 \pm 1,1	0,6 \pm 0,4	0,7 \pm 0,6	1,6 \pm 1,2	ns	ns	*	ns	ns
Intensidad del olor externo	1,8 \pm 0,8	1,4 \pm 1,7	2,3 \pm 2,7	1,3 \pm 1,0	1,4 \pm 0,9	1,8 \pm 1,3	2,0 \pm 2,0	ns	ns	ns	ns	ns
Firmeza	8,5 \pm 0,8	8,2 \pm 1,2	7,0 \pm 3,6	5,4 \pm 2,1	8,0 \pm 1,7	7,6 \pm 1,4	6,2 \pm 1,3	ns	ns	**	ns	ns
Intensidad del olor interno	2,3 \pm 1,6	1,7 \pm 2,0	2,6 \pm 1,7	1,9 \pm 0,8	1,3 \pm 0,9	2,3 \pm 1,2	3,7 \pm 1,9	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del color interno	1,9 \pm 1,3	1,3 \pm 1,4	2,0 \pm 1,3	1,7 \pm 0,9	1,0 \pm 0,9	0,9 \pm 0,7	2,4 \pm 1,3	ns	ns	*	ns	ns
Jugosidad	6,3 \pm 2,0	5,3 \pm 2,6	4,9 \pm 2,9	4,9 \pm 2,1	4,4 \pm 2,7	4,6 \pm 1,5	5,5 \pm 1,3	ns	ns	ns	ns	ns
Consistencia	7,7 \pm 1,7	8,5 \pm 1,0	8,6 \pm 0,8	7,1 \pm 2,2	8,2 \pm 1,4	8,6 \pm 1,0	7,7 \pm 1,3	ns	ns	ns	ns	ns
Resistencia masticación piel	6,9 \pm 2,8	7,6 \pm 2,5	7,7 \pm 2,7	6,7 \pm 2,8	7,7 \pm 2,8	7,6 \pm 2,6	7,4 \pm 2,5	ns	ns	ns	ns	ns
Ácido	3,7 \pm 2,6	3,8 \pm 2,7	3,1 \pm 2,6	3,7 \pm 2,4	3,2 \pm 1,7	4,9 \pm 3,2	3,6 \pm 1,9	ns	ns	ns	ns	ns
Dulce	2,4 \pm 1,2	1,9 \pm 1,6	2,3 \pm 1,9	2,2 \pm 1,2	1,8 \pm 1,3	2,3 \pm 1,5	3,3 \pm 1,7	ns	ns	ns	ns	ns
Salado	2,9 \pm 1,7	3,3 \pm 1,9	3,1 \pm 2,0	3,3 \pm 1,8	3,3 \pm 1,4	3,5 \pm 2,1	2,9 \pm 1,6	ns	ns	ns	ns	ns
Persistencia	2,3 \pm 1,3	4,2 \pm 3,0	3,2 \pm 2,7	3,8 \pm 2,3	2,8 \pm 1,6	3,9 \pm 1,5	4,0 \pm 1,4	ns	ns	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 60. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en tomate verde (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
pH	4,37 \pm 0,06	4,33 \pm 0,02	4,48 \pm 0,01	4,36 \pm 0,04	4,48 \pm 0,01	4,50 \pm 0,08	4,56 \pm 0,03	***	***	ns	ns	*
Acidez ⁽¹⁾	0,43 \pm 0,01	0,40 \pm 0,00	0,36 \pm 0,04	0,35 \pm 0,01	0,36 \pm 0,04	0,35 \pm 0,01	0,22 \pm 0,01	***	***	***	**	*
Sólidos solubles (^oBrix)	3,67 \pm 0,58	5,00 \pm 0,00	4,17 \pm 0,29	4,43 \pm 0,40	5,00 \pm 0,50	4,73 \pm 0,46	4,10 \pm 0,17	ns	ns	**	ns	ns
Materia seca (%)	6,61 \pm 0,00	6,54 \pm 0,00	6,36 \pm 0,00	6,49 \pm 0,00	5,99 \pm 0,00	6,01 \pm 0,00	5,80 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	93,39 \pm 0,00	93,46 \pm 0,00	93,64 \pm 0,00	93,51 \pm 0,00	94,01 \pm 0,00	93,99 \pm 0,00	94,2 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de ruptura (N)	28,99 \pm 5,43	29,46 \pm 9,97	31,32 \pm 6,35	29,4 \pm 4,13	23,56 \pm 1,99	30,87 \pm 2,71	23,46 \pm 5,03	ns	ns	ns	ns	ns
L*	37,48 \pm 0,91	37,36 \pm 1,99	36,16 \pm 0,76	38,27 \pm 0,23	36,24 \pm 1,51	37,57 \pm 0,89	36,70 \pm 1,45	ns	*	ns	ns	ns
a*	0,61 \pm 0,92	2,98 \pm 3,10	2,18 \pm 0,90	3,08 \pm 0,85	4,41 \pm 1,54	3,96 \pm 2,05	3,70 \pm 2,24	ns	ns	ns	ns	ns
b*	19,22 \pm 0,20	18,81 \pm 1,16	19,23 \pm 0,22	16,13 \pm 0,20	17,09 \pm 0,44	18,87 \pm 1,78	18,97 \pm 0,31	ns	ns	ns	ns	ns
C*	20,16 \pm 0,24	19,9 \pm 0,67	20,03 \pm 0,31	16,13 \pm 0,20	18,33 \pm 0,53	20,14 \pm 1,96	20,11 \pm 0,65	***	ns	ns	ns	ns
H^o	88,23 \pm 2,13	81,90 \pm 9,31	84,16 \pm 2,40	80,77 \pm 3,24	76,47 \pm 5,48	78,35 \pm 4,53	79,48 \pm 5,80	ns	ns	ns	ns	ns
ΔE	-	6,50 \pm 1,07	5,97 \pm 1,12	6,75 \pm 0,81	6,65 \pm 1,03	7,33 \pm 0,51	6,62 \pm 0,62	ns	ns	ns	-	-
Licopeno (mg/100g)	7,69 \pm 1,70	3,19 \pm 2,03	6,03 \pm 0,77	2,72 \pm 0,31	2,81 \pm 0,15	3,49 \pm 0,55	5,71 \pm 0,35	**	**	ns	*	ns
β-Caroteno (mg/100g)	4,34 \pm 0,20	2,4 \pm 0,76	3,19 \pm 0,35	2,66 \pm 0,09	3,25 \pm 0,41	2,66 \pm 0,26	3,56 \pm 0,34	ns	ns	ns	*	**
Ác. ascórbico(mg/100g)	14,32 \pm 1,97	19,83 \pm 2,91	23,97 \pm 1,26	21,13 \pm 0,55	21,84 \pm 2,10	19,95 \pm 3,09	16,60 \pm 1,60	ns	ns	*	ns	**
Fenoles totales ⁽²⁾	66,35 \pm 0,55	64,55 \pm 2,44	64,82 \pm 1,85	54,63 \pm 3,27	65,05 \pm 1,52	58,28 \pm 8,33	53,91 \pm 1,30	**	ns	*	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: g de ácido cítrico/100g muestra fresca; ⁽²⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) p \leq 0,05; (**) p \leq 0,01; (***) p \leq 0,001

A nivel físico-químico, se encuentran también diferencias significativas tanto en el pH ($p \leq 0,001$) como en la acidez ($p \leq 0,001$). Se comprueba que la acidez disminuye a lo largo del tiempo de almacenamiento con el consiguiente aumento de pH. En los primeros 7 días de almacenamiento, el pH también aumenta significativamente ($p \leq 0,05$) en las muestras envasadas y la acidez disminuye en las muestras control ($p \leq 0,01$) y envasadas ($p \leq 0,05$).

El tomate verde envasado es, además, el que presenta valores de acidez más bajos ($p \leq 0,001$) y de pH más elevados ($p \leq 0,001$) (Tabla 60). Estos resultados tienen una correspondencia a nivel sensorial, ya que es también el tomate verde envasado el que presenta valores de “sabor ácido” más bajos en todos los muestreos realizados (Tabla 59), aún cuando en éste parámetro sensorial, las diferencias no sean significativas.

La cromaticidad C^* ($p \leq 0,001$) tiende a disminuir a lo largo del tiempo de almacenamiento, es decir, el tomate tiende a tener un color más apagado o menos vivo. En cuanto a la utilización o no del envasado, el contenido en licopeno es, en general, más elevado ($p \leq 0,01$) en el tomate verde envasado, sin embargo, la luminosidad es mayor ($p \leq 0,05$) en el tomate verde control en todos los muestreos realizados (Tabla 60).

A nivel físico-químico también se encuentran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) en el contenido de compuestos fenólicos totales de modo que disminuyen a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tabla 60).

En la tabla 61 se recogen los resultados obtenidos al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson, a los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos (“uniformidad del color”, “manchas”, “desprendimiento de la parte viscosa” y “aromas extraños”), de la cual se desprende que no hay relación significativa ($p > 0,05$) entre estos descriptores sensoriales y la utilización o no del envasado en ninguno de los muestreos realizados.

Tabla 61. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en tomate verde (septiembre 2010)

	7 días	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns	ns
Manchas	ns	ns	ns
Desprendimiento de la parte viscosa	ns	ns	ns
Aromas extraños	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

• Tomate maduro

En la tabla 62 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en tomate maduro, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Se recogen también los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días).

Asimismo, en la tabla 63 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en tomate maduro a lo largo del tiempo de almacenamiento y los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días), sobre los datos obtenidos.

A lo largo del tiempo de almacenamiento las diferencias son significativas en la “intensidad del color interno” ($p \leq 0,05$) y en la “consistencia” ($p \leq 0,001$) (Tabla 62), con cierta tendencia a aumentar y disminuir, respectivamente. En los primeros 7 días de almacenamiento la intensidad del color externo ($p \leq 0,001$) e interno ($p \leq 0,05$) aumenta de forma significativa (Figuras 112 y 113) y la consistencia disminuye ($p \leq 0,05$) como es de esperar a consecuencia del proceso de maduración.

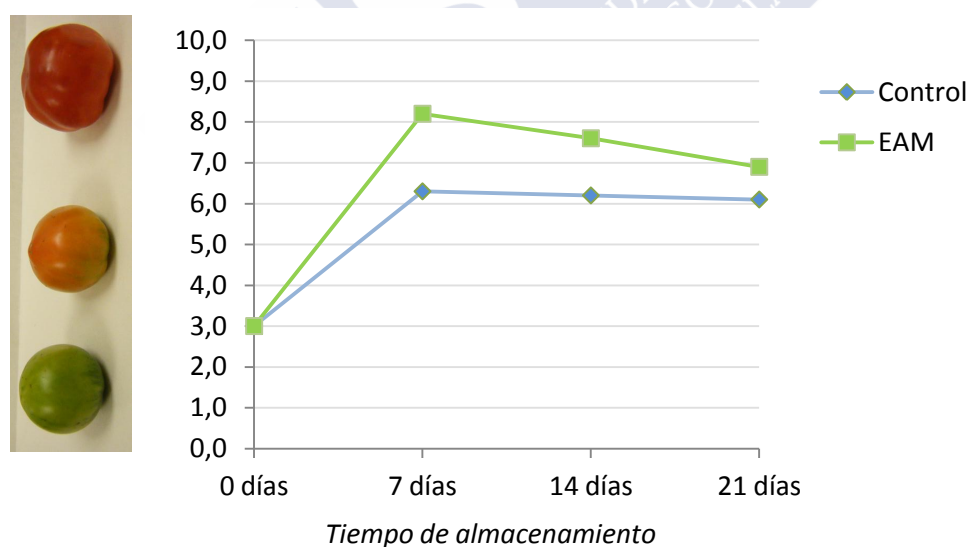


Figura 112. Evolución de la intensidad de color externo de tomate maduro a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2010)

Tabla 62. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en tomate maduro (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-7 días)

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad del color externo	3,0 \pm 1,3	6,3 \pm 2,0	8,2 \pm 0,8	6,2 \pm 1,2	7,6 \pm 1,2	6,1 \pm 2,3	6,9 \pm 2,1	ns	**	ns	***	***
Intensidad del olor externo	2,3 \pm 1,1	3,2 \pm 1,4	2,9 \pm 2,3	2,6 \pm 1,2	3,0 \pm 1,6	3,3 \pm 1,8	2,6 \pm 1,5	ns	ns	ns	ns	ns
Firmeza	6,3 \pm 2,0	4,9 \pm 2,1	4,7 \pm 2,3	4,9 \pm 1,7	2,9 \pm 1,2	4,8 \pm 1,4	3,7 \pm 1,8	ns	*	ns	ns	ns
Intensidad del olor interno	5,6 \pm 1,7	5,1 \pm 1,6	5,6 \pm 2,0	5,2 \pm 2,1	5,4 \pm 1,2	5,5 \pm 1,6	5,5 \pm 2,4	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del color interno	4,3 \pm 1,5	5,9 \pm 1,5	8,1 \pm 0,5	4,9 \pm 1,6	7,2 \pm 1,6	5,2 \pm 1,8	7,4 \pm 1,2	*	***	ns	*	***
Jugosidad	6,7 \pm 1,3	6,7 \pm 1,7	7,5 \pm 1,3	7,0 \pm 1,0	8,3 \pm 0,9	6,6 \pm 1,5	7,4 \pm 1,2	ns	*	ns	ns	ns
Consistencia	6,1 \pm 1,2	4,2 \pm 1,8	4,2 \pm 1,4	5,2 \pm 2,3	3,1 \pm 1,0	6,2 \pm 1,0	6,1 \pm 1,2	***	ns	ns	*	**
Resistencia masticación piel	6,2 \pm 1,5	5,8 \pm 1,2	5,9 \pm 2,1	6,6 \pm 1,1	5,6 \pm 2,1	6,6 \pm 2,4	6,1 \pm 1,2	ns	ns	ns	ns	ns
Ácido	3,1 \pm 2,2	3,1 \pm 1,7	3,0 \pm 2,2	3,6 \pm 2,1	2,5 \pm 1,8	3,2 \pm 1,8	2,6 \pm 1,8	ns	ns	ns	ns	ns
Dulce	3,7 \pm 1,6	3,6 \pm 1,7	4,2 \pm 1,5	3,5 \pm 2,0	4,6 \pm 1,7	3,6 \pm 1,5	4,0 \pm 1,4	ns	ns	ns	ns	ns
Salado	3,2 \pm 1,7	3,6 \pm 1,5	3,9 \pm 1,5	2,7 \pm 1,3	3,5 \pm 1,4	3,5 \pm 1,6	3,2 \pm 1,7	ns	ns	ns	ns	ns
Persistencia	3,7 \pm 1,7	5,1 \pm 2,0	6,2 \pm 1,4	3,8 \pm 1,9	6,3 \pm 1,5	4,7 \pm 1,7	4,6 \pm 1,9	ns	*	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 63. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en tomate maduro (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de factores 2			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
pH	4,28 \pm 0,02	4,29 \pm 0,03	4,26 \pm 0,06	4,43 \pm 0,02	4,43 \pm 0,03	4,35 \pm 0,03	4,62 \pm 0,08	***	ns	***	ns	ns
Acidez ⁽¹⁾	0,42 \pm 0,03	0,39 \pm 0,01	0,39 \pm 0,06	0,34 \pm 0,01	0,36 \pm 0,03	0,37 \pm 0,01	0,22 \pm 0,01	***	ns	***	ns	ns
Sólidos solubles (⁰Brix)	4,50 \pm 0,50	5,67 \pm 0,29	6,00 \pm 0,00	4,83 \pm 0,29	6,17 \pm 1,26	5,07 \pm 0,11	4,93 \pm 0,11	ns	ns	ns	*	**
Materia seca (%)	6,71 \pm 0,00	6,7 \pm 0,00	6,73 \pm 0,00	6,23 \pm 0,00	6,61 \pm 0,00	7,69 \pm 0,00	5,65 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	93,29 \pm 0,00	93,3 \pm 0,00	93,27 \pm 0,00	93,77 \pm 0,00	93,39 \pm 0,00	92,31 \pm 0,00	94,35 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de ruptura (N)	18,68 \pm 3,66	22,92 \pm 5,42	20,13 \pm 3,65	19,10 \pm 5,44	12,53 \pm 2,21	21,40 \pm 1,60	12,75 \pm 3,92	ns	**	ns	ns	ns
L*	30,58 \pm 0,51	29,97 \pm 1,07	29,70 \pm 0,78	29,85 \pm 1,52	30,71 \pm 0,58	29,91 \pm 0,49	29,67 \pm 0,74	ns	ns	ns	ns	ns
a*	13,80 \pm 0,47	15,92 \pm 1,13	16,24 \pm 0,80	13,93 \pm 0,61	14,39 \pm 2,10	14,30 \pm 0,40	13,16 \pm 0,89	ns	ns	ns	*	*
b*	16,64 \pm 0,51	14,78 \pm 0,90	14,58 \pm 1,57	14,14 \pm 1,93	15,45 \pm 1,82	14,78 \pm 0,56	13,84 \pm 0,37	ns	ns	ns	ns	ns
C*	21,96 \pm 0,19	21,85 \pm 1,01	22,05 \pm 0,97	20,01 \pm 1,80	21,43 \pm 1,06	20,67 \pm 0,21	19,29 \pm 0,71	*	ns	ns	ns	ns
H°	50,95 \pm 2,14	43,23 \pm 3,00	41,72 \pm 3,93	45,52 \pm 3,43	47,53 \pm 7,18	46,29 \pm 1,92	47,30 \pm 2,52	ns	ns	ns	*	*
ΔE	-	4,57 \pm 0,32	4,91 \pm 1,21	4,65 \pm 1,25	4,35 \pm 1,40	3,58 \pm 0,23	4,97 \pm 0,64	ns	ns	ns	-	-
Licopeno (mg/100g)	37,83 \pm 10,22	38,76 \pm 1,36	58,15 \pm 3,13	29,14 \pm 0,57	48,14 \pm 5,17	24,05 \pm 2,58	31,77 \pm 0,73	***	***	**	ns	*
β-Caroteno (mg/100g)	5,55 \pm 1,37	5,01 \pm 0,18	6,56 \pm 0,23	4,47 \pm 0,38	5,83 \pm 0,17	5,18 \pm 0,64	5,39 \pm 0,24	ns	***	*	ns	ns
Ác. ascórbico (mg/100g)	13,96 \pm 3,12	21,88 \pm 1,45	16,02 \pm 1,57	26,67 \pm 0,15	23,73 \pm 0,43	20,10 \pm 2,97	19,59 \pm 4,38	**	*	ns	*	ns
Fenoles totales ⁽²⁾	62,88 \pm 1,31	69,60 \pm 1,59	71,39 \pm 2,20	89,12 \pm 2,31	71,28 \pm 1,78	63,23 \pm 2,06	53,37 \pm 1,84	***	***	***	**	**

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: g de ácido cítrico/100g muestra fresca; ⁽²⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) p \leq 0,05; (**) p \leq 0,01; (***) p \leq 0,001

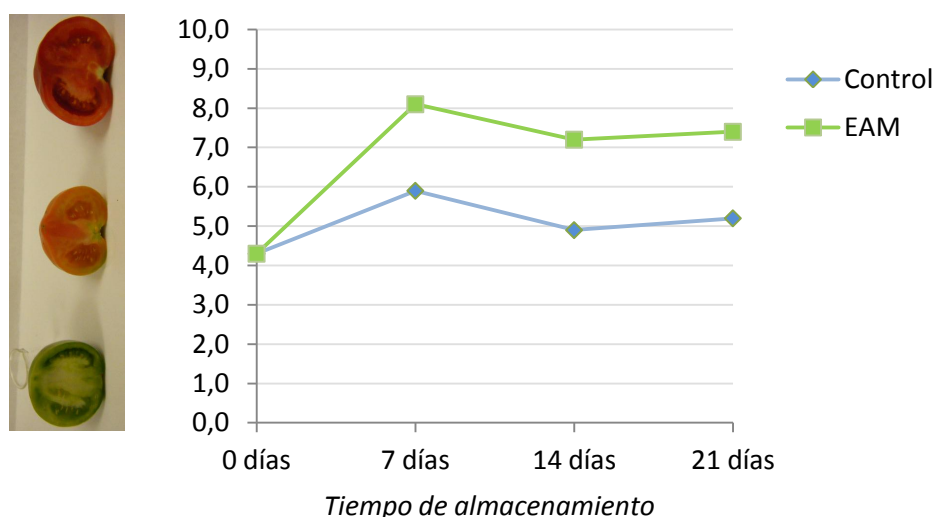


Figura 113. Evolución de la intensidad de color interno de tomate maduro a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2010)

Entre el tomate maduro control y el tomate maduro envasado se encuentran diferencias significativas en los descriptores, “intensidad del color externo” ($p \leq 0,01$), “firmeza” ($p \leq 0,05$), “intensidad de color interno” ($p \leq 0,001$), “jugosidad” ($p \leq 0,05$) y “persistencia del sabor” ($p \leq 0,05$) de modo que, excepto en la “firmeza” ($p \leq 0,05$) (Figura 114), el resto de descriptores presentan valores mayores en el tomate maduro envasado (Tabla 62).

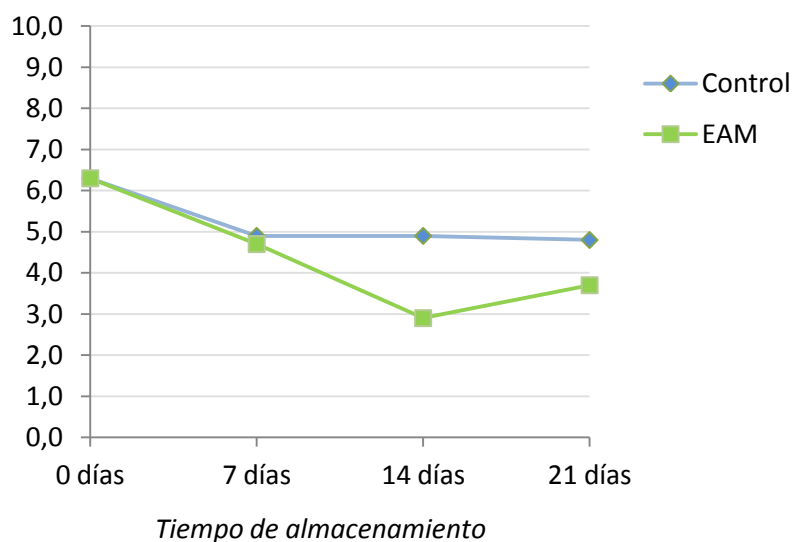


Figura 114. Evolución de la firmeza de tomate maduro a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2010)

Las diferencias encontradas en los descriptores sensoriales intensidad de color externo e interno, tienen correspondencia a nivel físico-químico, ya que, en los 7 primeros días de almacenamiento, la coordenada a^* del color CIE $L^*a^*b^*$ aumenta significativamente, en tomate control ($p \leq 0,05$) y envasado ($p \leq 0,05$) y el tono H° disminuye, en tomate control ($p \leq 0,01$) y envasado ($p \leq 0,05$), lo que indican que el tomate tiende a tonos rojos (Tablas 62 y 63).

Asimismo, entre muestras, el tomate maduro envasado es el que presenta un contenido significativamente mayor ($p \leq 0,001$) de licopeno, al igual que ocurría con el tomate verde, lo que se corresponde, con una mayor intensidad del color tanto interno como externo (Figuras 112 y 113). Igualmente el tomate maduro envasado presenta un mayor contenido en β -caroteno ($p \leq 0,001$), el cual no se modifica a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tabla 63).

Relacionado con el descriptor “firmeza”, a nivel físico-químico, se encuentra correspondencia con los resultados obtenidos a nivel sensorial, ya que la fuerza de ruptura, determinada por texturometría, en el tomate maduro control, es significativamente mayor ($p \leq 0,01$) que en el tomate maduro envasado.

Esta mayor firmeza en el producto control puede estar relacionado con el hecho de que en el interior del envase se produjo una gran condensación desde los inicios del envasado.

A nivel físico-químico se encuentran también diferencias significativas en el pH ($p \leq 0,001$) y la acidez ($p \leq 0,001$) a lo largo del tiempo de almacenamiento. La acidez disminuye con el tiempo a medida que aumenta el pH (Tabla 63) aún cuando las variaciones son ligeras, lo cual puede ser la causa de la no detección por parte de los catadores de diferencias significativas en el sabor ácido.

En cuanto al contenido en sólidos solubles, aumentan de forma significativa entre los 7 primeros días de almacenamiento tanto en tomate maduro control como en tomate maduro envasado ($p \leq 0,001$) (Tabla 63). No obstante, a lo largo del tiempo de almacenamiento no son significativas ($p > 0,05$), lo que se corresponde con la no variación en el sabor dulce a nivel sensorial.

En cuanto a los descriptores evaluados con escalas de dos puntos, (“uniformidad del color”, “manchas”, “desprendimiento de la parte viscosa” y “aromas extraños”), en la tabla 64 se recoge el resultado del test Chi-cuadrado de Pearson en cada uno de los muestreos, en la cual se observa que no hay relación significativa ($p > 0,05$) entre el descriptor y el tipo de muestra (control y envasada).

Tabla 64. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en tomate maduro (septiembre 2010)

	7 días	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns	ns
Manchas	ns	ns	ns
Desprendimiento de la parte viscosa	ns	ns	ns
Aromas extraños	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En la presencia de otras alteraciones, a partir del muestreo de 14 días, los catadores indican podredumbre tanto en el tomate maduro control como en el envasado en atmósfera modificada (Figura 115).



Figura 115. Podredumbre en tomate maduro (septiembre 2010) en el muestreo de 21 días

Otra de las alteraciones que señalan los catadores es la presencia de grietas/estrías (Figura 116) desde el principio del almacenamiento.



Figura 116. Grietas/estrías en tomate maduro (septiembre 2010)

4.1.2 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en pimiento

En la tabla 65 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en pimiento tipo Padrón, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Se recogen también los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días).

Asimismo, en la tabla 66 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en pimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento y los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días), sobre los datos obtenidos.

Únicamente se encuentran diferencias significativas, entre muestras (control y envasada), en el descriptor “intensidad del olor interno” ($p \leq 0,05$) (Tabla 65). En la Figura 117 se observa que las muestras control tienen una intensidad de olor interno más elevada que las muestras de pimiento envasadas en atmósfera modificada a lo largo del tiempo de almacenamiento.

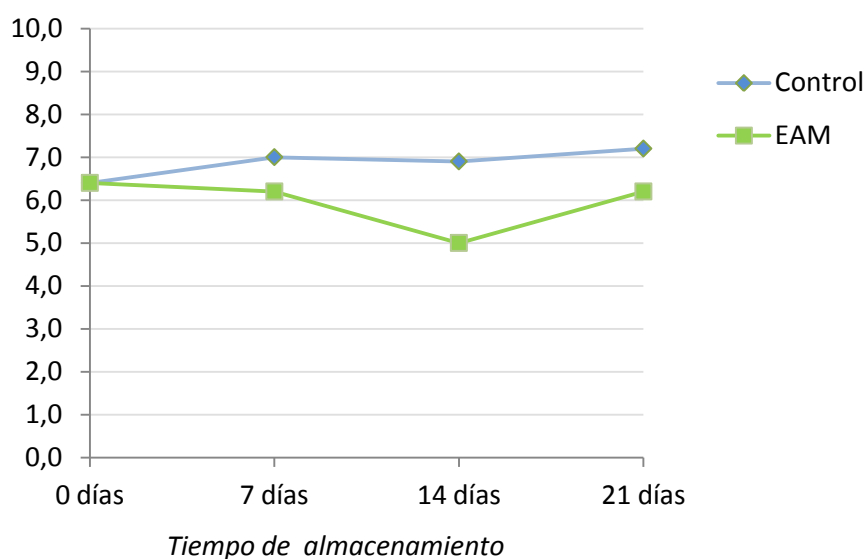


Figura 117. Evolución de la Intensidad del olor interno del pimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2010)

En los primeros 7 días de almacenamiento, se obtienen diferencias significativas en el descriptor “semillas de color oscuro” en el pimiento control ($p \leq 0,001$) y envasado ($p \leq 0,01$), ya que en ambos aumentan significativamente (Tabla 65).

Tabla 65. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en pimiento (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-7 días)

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad de color externo	7,0 \pm 1,5	7,3 \pm 1,7	7,0 \pm 2,1	7,3 \pm 2,1	7,8 \pm 1,4	6,5 \pm 1,7	7,9 \pm 1,1	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor externo	3,9 \pm 2,2	4,0 \pm 2,5	4,3 \pm 2,4	4,2 \pm 2,4	3,1 \pm 1,8	6,0 \pm 2,6	3,8 \pm 1,7	ns	ns	ns	ns	ns
Turgencia	6,9 \pm 1,9	7,7 \pm 1,6	8,0 \pm 1,1	7,8 \pm 1,0	8,1 \pm 1,2	7,5 \pm 1,2	7,9 \pm 1,3	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor interno	6,4 \pm 2,1	7,0 \pm 1,3	6,2 \pm 2,2	6,9 \pm 1,4	5,0 \pm 2,0	7,2 \pm 2,0	6,2 \pm 1,8	ns	*	ns	ns	ns
Semillas de color oscuro	3,5 \pm 3,1	66,9 \pm 30,5	58,7 \pm 41,8	74,0 \pm 25,6	58,1 \pm 39,2	53,1 \pm 44,4	72,0 \pm 38,8	ns	ns	ns	***	**

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 66. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en pimiento (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Materia seca (%)	9,06 \pm 0,00	9,20 \pm 0,00	9,23 \pm 0,00	9,41 \pm 0,00	9,08 \pm 0,00	9,25 \pm 0,00	8,45 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	90,94 \pm 0,00	90,80 \pm 0,00	90,77 \pm 0,00	90,59 \pm 0,00	90,92 \pm 0,00	90,75 \pm 0,00	91,55 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de ruptura (N)	9,52 \pm 0,27	10,62 \pm 1,20	9,76 \pm 0,81	10,41 \pm 1,27	8,83 \pm 0,44	11,48 \pm 0,71	10,51 \pm 0,53	ns	*	ns	ns	ns
L*	30,31 \pm 0,69	28,34 \pm 0,38	27,37 \pm 0,84	30,04 \pm 0,00	29,27 \pm 0,91	30,13 \pm 0,77	29,53 \pm 1,25	**	ns	ns	*	**
a*	-6,17 \pm 0,28	-5,43 \pm 0,23	-5,50 \pm 0,29	-5,75 \pm 0,45	-6,01 \pm 0,33	-5,57 \pm 0,30	-5,87 \pm 0,32	ns	ns	ns	ns	ns
b*	14,55 \pm 0,74	12,71 \pm 0,46	11,81 \pm 0,66	13,40 \pm 1,78	13,06 \pm 1,33	15,00 \pm 0,89	14,15 \pm 1,24	ns	ns	ns	*	**
C*	15,82 \pm 0,78	13,84 \pm 0,41	13,05 \pm 0,72	14,61 \pm 1,82	14,38 \pm 1,34	16,01 \pm 0,93	15,33 \pm 1,26	ns	ns	ns	*	*
H°	113,24 \pm 0,43	113,52 \pm 1,15	115,37 \pm 0,37	113,87 \pm 1,27	115,13 \pm 1,39	110,58 \pm 0,39	112,80 \pm 1,01	***	**	ns	ns	**
ΔE	-	3,72 \pm 0,37	4,46 \pm 0,69	3,98 \pm 0,65	2,83 \pm 1,20	2,68 \pm 0,59	2,81 \pm 1,12	ns	ns	ns	ns	ns
Luteína (mg/100g)	1,28 \pm 0,08	1,36 \pm 0,14	1,23 \pm 0,03	1,71 \pm 0,12	1,48 \pm 0,18	1,10 \pm 0,08	1,09 \pm 0,07	***	*	ns	ns	ns
Clorofila b (mg/100g)	2,79 \pm 0,14	2,42 \pm 0,17	2,18 \pm 0,13	3,22 \pm 0,12	2,66 \pm 0,33	1,99 \pm 0,17	2,02 \pm 0,12	***	*	ns	ns	ns
Clorofila a (mg/100g)	12,38 \pm 0,71	10,43 \pm 0,70	9,39 \pm 0,41	14,12 \pm 0,70	12,70 \pm 1,31	8,70 \pm 0,69	9,52 \pm 0,51	***	ns	ns	*	**
β-Caroteno (mg/100g)	1,83 \pm 0,15	1,37 \pm 0,06	1,16 \pm 0,07	1,95 \pm 0,16	1,78 \pm 0,19	1,11 \pm 0,10	1,36 \pm 0,11	***	ns	*	ns	ns
Ác. ascórbico (mg/100g)	10,01 \pm 2,85	13,47 \pm 2,02	11,85 \pm 3,90	16,01 \pm 0,72	12,54 \pm 1,08	14,75 \pm 1,61	12,37 \pm 1,64	ns	*	ns	ns	ns
Fenoles totales ⁽¹⁾	32,32 \pm 4,17	20,68 \pm 6,59	36,71 \pm 1,78	20,04 \pm 3,92	28,19 \pm 2,72	24,13 \pm 1,17	20,26 \pm 0,84	*	***	***	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En función del tiempo de almacenamiento el H° disminuye significativamente ($p \leq 0,001$) tendiendo a color verdoso-amarillento. Aún cuando este descenso es muy ligero, de aproximadamente 2° , tal y como se muestra en la figura 116, es más acusado en el pimiento control, con valores de H° menores que en el pimiento envasado, en todos los muestreos realizados (Figura 118).

Dichas variaciones se reflejan en las puntuaciones otorgadas por los catadores al descriptor “intensidad del color” en el que, aunque no se detectan diferencias significativas, se obtienen menores puntuaciones en el pimiento control, lo que indica tendencia a perder color verde (Tablas 65 y 66).

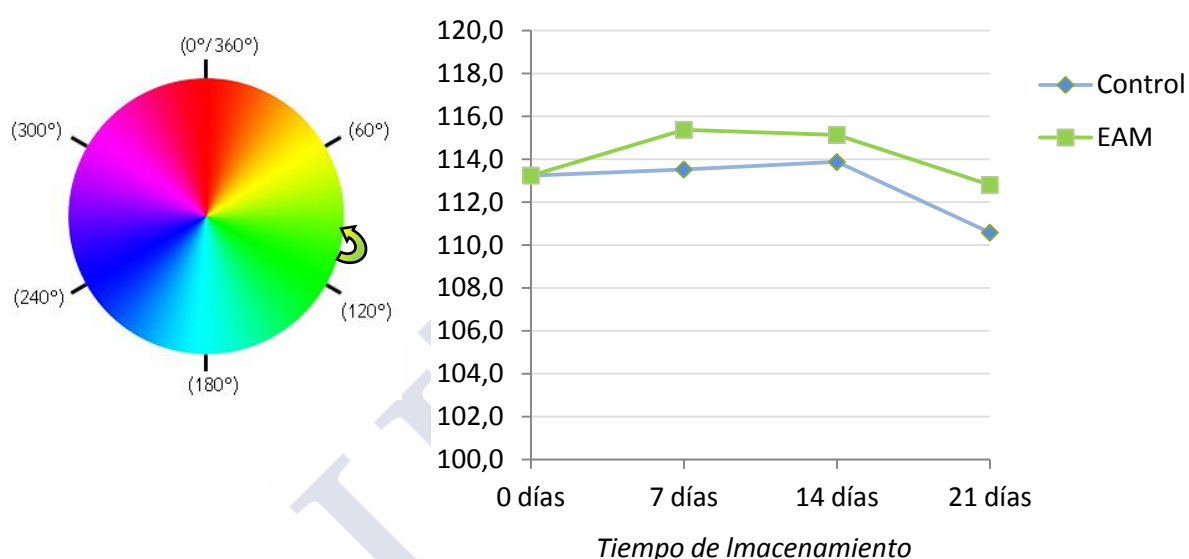


Figura 118. Evolución del tono del pimiento tipo Padrón a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2010)

Esta tendencia a perder color verde, se obtiene también en la determinación de los compuestos del color por HPLC, ya que, el contenido en clorofila b ($p \leq 0,001$) y clorofila a ($p \leq 0,001$) disminuyen de forma significativa con el tiempo de almacenamiento. Igualmente, se aprecia una disminución significativa en el contenido en luteína ($p \leq 0,001$) y β -caroteno ($p \leq 0,001$) (Tabla 66).

En cuanto al análisis de la textura, se encuentran diferencias en la fuerza de ruptura ($p \leq 0,05$), entre el pimiento control y el envasado en atmósfera modificada. El pimiento control opone más resistencia, en el ensayo de punción, que el pimiento envasado. Esto puede estar relacionado con la acumulación de vapor de agua en el interior de los palets de pimiento envasado haciendo que el producto sea ligeramente

más blando. De todas formas estas diferencias no son suficientes para que se manifiesten diferencias significativas en la “turgencia” de las muestras.

En los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos, (“uniformidad del color”, “brillo de superficie”, “arrugas”, “manchas”, “olores extraños externos”, “olores extraños internos” y “sensación ardiente”), al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson, se obtiene que únicamente existe relación significativa ($p \leq 0,05$) entre el descriptor “manchas” y el envasado o no de la muestra, a partir de los 14 días de almacenamiento (Tabla 67).

Tabla 67. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en pimienta (septiembre 2010)

	7 días	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns	ns
Brillo de superficie	ns	ns	ns
Arrugas	ns	ns	ns
Manchas	ns	*	*
Olores extraños externos	ns	ns	ns
Olores extraños internos	ns	ns	ns
Sensación ardiente	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tal como puede observarse en la Figura 119, el 37,5% de las muestras de pimienta control presentan manchas mientras que ninguna de las envasadas en atmósfera las presenta.

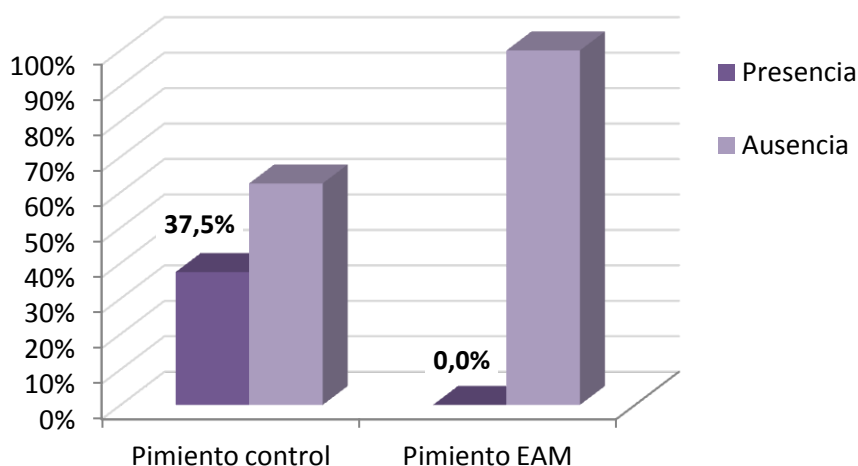


Figura 119. Descriptor “manchas” en pimienta (septiembre 2010)



Figura 120. Manchas en pimiento control (septiembre 2010)

Tras la aplicación de la prueba no paramétrica de dos muestras independientes U de Mann-Whitney sobre los datos obtenidos del descriptor sensorial evaluado con escala de tres puntos, “sensación de humedad”, no se obtienen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el pimiento control y el pimiento envasado en ninguno de los muestreos realizados (Tabla 68).

Tabla 68. Resultados del test U de Mann-Whitney sobre los datos sensoriales obtenidos en pimiento (septiembre 2010)

	7 días	14 días	21 días
Sensación de humedad	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Por último, en cuanto a la presencia de otras alteraciones, en el muestreo de 14 días los catadores indican que el pedúnculo está seco y a los 21 días de almacenamiento, los catadores señalan presencia de podredumbre tanto en el pimiento control como en el envasado (Figura 121).



Figura 121. Podredumbre en pimiento control y envasado (septiembre 2010)

4.1.3 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en judía verde

En la tabla 69 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en judía verde, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Además, se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y los resultados obtenidos tras la aplicación del test t-Student al comparar las evaluaciones obtenidas a los 0 y 7 días de almacenamiento.

Asimismo, en la tabla 70 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en judía verde a lo largo del tiempo de almacenamiento y los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días), sobre los datos obtenidos.

A nivel sensorial, se obtienen diferencias significativas, en cuanto al factor tiempo, en el descriptor “intensidad de color externo” ($p \leq 0,05$) (Tabla 69).

A lo largo del tiempo de almacenamiento la intensidad del color externo tiende a tener valores más bajos en la escala. Teniendo en cuenta las referencias de la escala (0= color *Pantone* 579C y 10= color *Pantone* 575C), la judía tiende a colores verdes menos intensos a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento (Figura 122).

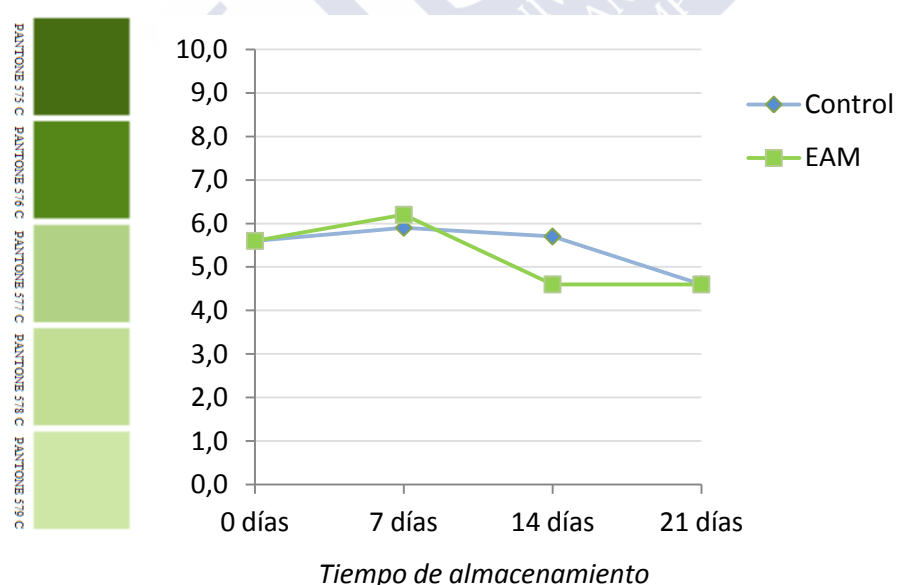


Figura 122. Evolución de la Intensidad de color externo de la judía verde a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2010)

Tabla 69. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en judía verde (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-7 días)

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad de color externo	5,6 \pm 1,9	5,9 \pm 2,1	6,2 \pm 1,7	5,7 \pm 1,7	4,6 \pm 1,7	3,9 \pm 1,5	4,6 \pm 2,3	*	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor externo	2,5 \pm 2,2	1,9 \pm 2,0	1,5 \pm 1,9	2,2 \pm 1,5	4,0 \pm 1,8	1,9 \pm 1,8	1,8 \pm 1,9	ns	ns	ns	ns	ns
Crocante	8,2 \pm 3,1	7,8 \pm 2,3	7,2 \pm 2,9	5,9 \pm 2,8	7,4 \pm 2,3	4,2 \pm 3,6	7,5 \pm 2,8	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor interno	6,7 \pm 1,7	7,0 \pm 1,7	7,5 \pm 2,0	5,0 \pm 2,2	5,0 \pm 2,3	6,3 \pm 1,8	3,2 \pm 2,7	ns	ns	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 70. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en judía verde (septiembre 2010), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Materia seca (%)	8,09 \pm 0,00	7,57 \pm 0,00	8,45 \pm 0,00	7,37 \pm 0,00	6,62 \pm 0,00	7,31 \pm 0,00	6,07 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	91,91 \pm 0,00	92,43 \pm 0,00	91,55 \pm 0,00	92,63 \pm 0,00	93,38 \pm 0,00	92,69 \pm 0,00	93,93 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de corte(N)	38,88 \pm 9,52	25,08 \pm 0,64	33,47 \pm 3,12	29,52 \pm 0,94	33,16 \pm 3,97	26,65 \pm 3,55	30,39 \pm 1,52	ns	**	ns	ns	ns
Trabajo de corte (Nsec)	42,13 \pm 4,83	30,51 \pm 2,67	35,9 \pm 2,02	35,10 \pm 2,38	29,63 \pm 2,80	31,02 \pm 6,31	32,86 \pm 2,35	ns	ns	ns	*	ns
L*	42,70 \pm 0,68	42,80 \pm 0,64	41,64 \pm 0,49	42,91 \pm 1,00	39,00 \pm 0,65	42,56 \pm 1,67	39,91 \pm 1,78	ns	ns	ns	ns	ns
a*	-6,15 \pm 0,20	-5,78 \pm 0,10	-6,14 \pm 0,04	-5,62 \pm 0,12	-5,29 \pm 0,08	-5,38 \pm 0,16	-5,18 \pm 0,31	***	ns	**	*	ns
b*	17,62 \pm 0,69	17,03 \pm 0,22	17,04 \pm 0,34	16,63 \pm 0,30	15,96 \pm 0,22	16,59 \pm 0,42	14,42 \pm 0,83	***	**	**	ns	ns
C*	18,67 \pm 0,7	17,99 \pm 0,24	18,12 \pm 0,33	17,56 \pm 0,31	16,81 \pm 0,22	17,44 \pm 0,41	15,32 \pm 0,89	***	***	**	ns	ns
H°	109,24 \pm 0,21	108,75 \pm 0,12	109,84 \pm 0,30	108,70 \pm 0,36	108,36 \pm 0,31	107,95 \pm 0,54	109,74 \pm 0,08	ns	ns	ns	ns	ns
ΔE	-	1,81 \pm 0,13	2,19 \pm 0,41	2,36 \pm 0,26	4,36 \pm 0,62	2,59 \pm 0,38	4,91 \pm 1,61	**	***	ns	-	-
Luteína (mg/100g)	0,24 \pm 0,06	0,20 \pm 0,03	0,24 \pm 0,04	0,21 \pm 0,02	0,27 \pm 0,01	0,19 \pm 0,02	0,16 \pm 0,02	***	*	*	ns	ns
Clorofila b (mg/100g)	0,93 \pm 2,00	0,75 \pm 0,09	0,90 \pm 0,12	0,82 \pm 0,06	0,91 \pm 0,01	0,71 \pm 0,06	0,57 \pm 0,03	***	ns	*	ns	ns
Clorofila a (mg/100g)	4,65 \pm 1,18	3,75 \pm 0,48	4,67 \pm 0,55	4,22 \pm 0,31	4,54 \pm 0,05	3,55 \pm 0,30	2,91 \pm 0,21	***	ns	**	ns	ns
β-Caroteno (mg/100g)	0,50 \pm 0,28	0,41 \pm 0,11	0,51 \pm 0,14	0,44 \pm 0,04	0,40 \pm 0,01	0,30 \pm 0,04	0,20 \pm 0,01	**	ns	ns	ns	ns
Ác. ascórbico(mg/100g)	0,85 \pm 0,04	0,83 \pm 0,15	1,35 \pm 0,08	0,88 \pm 0,02	1,53 \pm 0,04	0,77 \pm 0,12	0,49 \pm 0,27	***	***	***	ns	***
Ác. asc. total (mg/100g)	7,13 \pm 0,41	3,93 \pm 0,26	8,12 \pm 0,44	2,97 \pm 0,04	1,95 \pm 0,31	1,32 \pm 0,15	2,17 \pm 0,40	***	***	***	***	*
Ác. DHAA (mg/100g)	6,28 \pm 0,46	3,10 \pm 0,11	6,77 \pm 0,40	2,10 \pm 0,06	0,42 \pm 0,30	0,56 \pm 0,13	1,69 \pm 0,67	***	***	***	***	ns
Fenoles totales ⁽¹⁾	61,13 \pm 0,48	60,15 \pm 1,15	66,77 \pm 1,70	55,44 \pm 0,16	75,47 \pm 4,07	46,787 \pm 3,28	63,72 \pm 3,18	***	***	***	ns	**

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) p \leq 0,05; (**) p \leq 0,01; (***) p \leq 0,001

Relacionado con la “intensidad de color externo”, en las coordenadas de color CIE $L^*a^*b^*$ se encuentran diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento. La coordenada a^* toma valores menos negativos con el paso del tiempo ($p \leq 0,001$), lo que indica que la judía pierde color verde, la coordenada b^* y la cromaticidad C^* disminuyen con el tiempo ($p \leq 0,001$) por lo que la judía pierde color amarillo (b^*) y saturación del color (C^*), volviéndose más apagada (Tabla 70 y Figura 123).

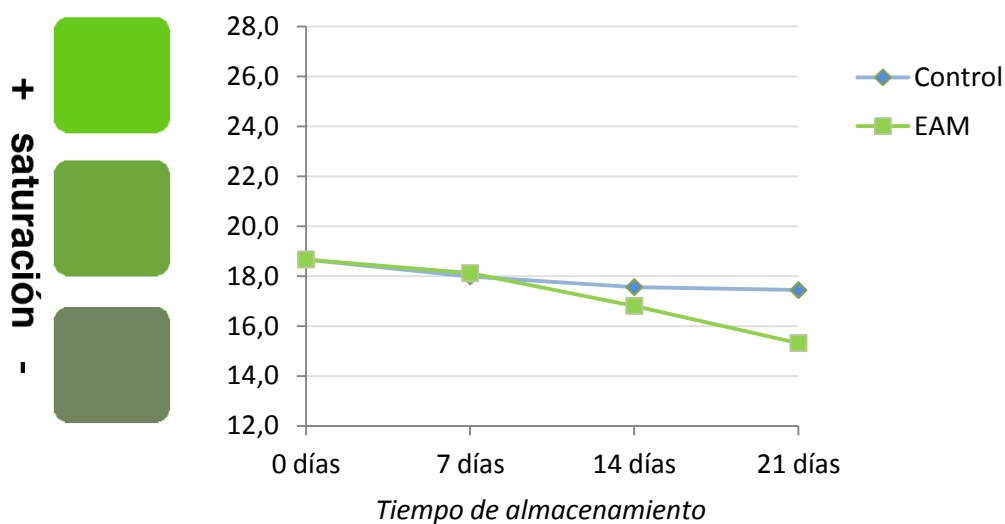


Figura 123. Evolución de la cromaticidad C^* de la judía verde a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2010)

Asimismo, en el contenido de compuestos de color determinados por HPLC también se producen disminuciones significativas (luteína ($p \leq 0,001$), clorofila b ($p \leq 0,001$), clorofila a ($p \leq 0,001$) y β -caroteno ($p \leq 0,01$)) a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tabla 70).

En cuanto a los parámetros de textura, se encuentran diferencias significativas entre muestras ($p \leq 0,01$) en la fuerza de corte, ya que en la judía envasada la fuerza necesaria para el corte es mayor. A nivel sensorial también la muestra envasada presenta, en general, mayores valores de crocante (Tablas 69 y 70).

Según el test Chi-cuadrado de Pearson, no hay relación significativa ($p > 0,05$) entre ninguno de los descriptores evaluados con escalas de dos puntos en judía verde (“uniformidad del color”, “manchas”, “olores extraños externos” y “olores extraños internos”) y el tipo de muestra (control y envasada), en los muestreos realizados (Tabla 71).

Tabla 71. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en judía verde (septiembre 2010)

	7 días	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns	ns
Manchas	ns	ns	ns
Olores extraños externos	ns	ns	ns
Olores extraños internos	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Al aplicar la prueba no paramétrica de dos muestras independientes U de Mann-Whitney, sobre los datos obtenidos en los descriptores sensoriales evaluados con escalas de tres puntos (“rugosidad de la piel” y “sensación de humedad”), se obtienen diferencias significativas en la variable “sensación de humedad” ($p \leq 0,05$) a partir de los 14 días de almacenamiento.

El 87,5% de las muestras de judía envasada están “bastante hidratadas” mientras que este porcentaje es del 37,5% en las muestras de judía verde control, lo cual puede relacionarse con el mayor contenido en humedad de las muestras envasadas (Tabla 72 y Figura 124). Esto posiblemente se deba a la acumulación de vapor de agua en el interior de los palets.

Tabla 72. Resultados del test U de Mann-Whitney sobre los datos sensoriales obtenidos en judía verde (septiembre 2010)

	7 días	14 días	21 días
Rugosidad de la piel	ns	ns	ns
Sensación de humedad	ns	*	*

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

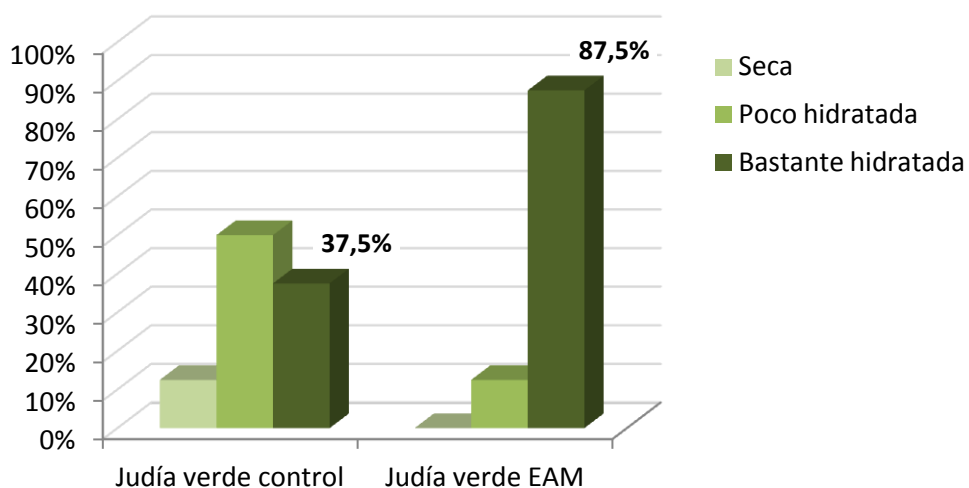


Figura 124. Descriptor “sensación de humedad” en judía verde (septiembre 2010)

En cuanto a la “presencia de otras alteraciones”, en el muestreo de 21 días los catadores indican que las judías control están secas en los extremos y con podredumbre mientras que las envasadas presentan un 44,4% de manchas por humedad (Figura 125).



Figura 125. Judía verde control y envasada a los 21 días de almacenamiento (septiembre 2010)

- **Conclusiones del primer ensayo:**

En este primer ensayo, se han encontrado los siguientes problemas:

- Falta de homogeneidad de las muestras.
- Condensación de vapor de agua en el interior de los palets.
- Concentraciones de $O_2 < 1\%$ a los 6 días de almacenamiento (judía y pimiento).

Autores como *Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela (2008)*, indican que concentraciones de O_2 inferiores al 2,5% aumentan la producción de anhídrido carbónico, consecuencia del proceso fermentativo por falta de O_2 .

En base a ello, se plantea realizar un segundo ensayo, con una serie de modificaciones respecto del primero, para así comprobar la viabilidad del envasado en atmósfera modificada en formato palet. Las modificaciones son:

- Cambiar la fecha de ensayo de septiembre a junio, para hacer que coincida con el principio de la época de recolección y así disponer de materia prima más homogénea y de mejor calidad, evitando un doble muestreo en tomate.
- Modificar la concentración de gases inicial dentro de los palets, para evitar que disminuya la concentración de O_2 por debajo del 2% (Tabla 53).
- Eliminar el muestreo a los 7 días para intentar llegar a uno a los 28 días por si se consigue incrementar el tiempo de almacenamiento de las muestras.

4.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO ENSAYO (JUNIO 2011)

En este ensayo, se parte de materia prima de buena calidad y, en general, con buen aspecto visual tanto el tomate como el pimiento y la judía verde. Se corrige la falta de homogeneidad, en cuanto al grado de madurez, en el tomate, por lo que solo se realiza un único envasado, sin diferenciar entre tomate verde y tomate maduro.

A los pocos días del envasado, se observa que, en general, en todos los palets sigue apareciendo elevada condensación de vapor de agua en el interior, aunque algo menos en tomate respecto al primer ensayo (Figura 126).

Los palets con judía verde son los que mayor condensación presentan, debido a que se trata de un producto con una alta tasa de respiración, atribuida, en parte, a la intensa actividad metabólica de las semillas inmaduras dentro de las vainas (*Lucera y col.*, 2011).



Figura 126. Condensación de vapor de agua en palet de tomate, pimiento y judía verde envasados en atmósfera modificada (junio 2011)

4.2.1 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en tomate

En la tabla 73 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en tomate, en los muestreos realizados^(*). Además, se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción. También se reflejan los resultados obtenidos tras la aplicación del test t-Student al comparar las evaluaciones obtenidas a los 0 y 14 días de almacenamiento.

Asimismo, en la tabla 74 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en tomate a lo largo del tiempo de almacenamiento y los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-14 días), sobre los datos obtenidos.

En la tabla 73 se observa que existen diferencias significativas entre muestras (control y envasada) en los descriptores “intensidad del color externo” ($p \leq 0,01$) e “intensidad del color interno” ($p \leq 0,05$). En el tomate control, la intensidad de color es más elevada, es decir, tiene un color rojo más intenso que el tomate envasado (Tabla 73 y Figura 127).

- “Intensidad color externo”



- “Intensidad color interno”

Figura 127. Referencias en los descriptores “Intensidad de color externo e interno”, evaluados con escala no estructurada de 10 cm

^(*) Se ha eliminado el muestreo de 7 días para intentar llegar a uno de 28 días aumentando el tiempo de almacenamiento. No se consigue por lo que este muestreo no aparece en resultados en este ensayo.

Tabla 73. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en tomate (junio 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-14 días)

	0 días	14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-14 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad del color externo	2,2 \pm 1,3	7,4 \pm 1,8	3,4 \pm 1,4	4,9 \pm 1,5	4,3 \pm 1,3	ns	**	**	***	ns
Intensidad del olor externo	1,9 \pm 1,8	2,0 \pm 1,8	2,1 \pm 2,0	2,1 \pm 1,2	2,1 \pm 1,4	ns	ns	ns	ns	ns
Firmeza	8,6 \pm 1,0	6,1 \pm 1,7	6,3 \pm 2,5	5,2 \pm 1,6	5,0 \pm 1,7	ns	ns	ns	**	*
Intensidad del olor interno	4,3 \pm 1,7	3,9 \pm 1,8	5,2 \pm 2,0	4,8 \pm 1,1	5,0 \pm 2,5	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del color interno	2,7 \pm 0,9	4,2 \pm 2,0	2,6 \pm 1,0	4,4 \pm 0,9	3,7 \pm 1,3	ns	*	ns	ns	ns
Jugosidad	5,4 \pm 2,4	6,9 \pm 1,2	5,9 \pm 2,2	6,4 \pm 1,3	7,3 \pm 1,3	ns	ns	ns	ns	ns
Consistencia	7,1 \pm 1,4	6,6 \pm 1,6	7,2 \pm 1,8	6,1 \pm 0,7	6,1 \pm 1,2	ns	ns	ns	ns	ns
Resistencia masticación piel	7,3 \pm 1,6	6,8 \pm 1,7	7,3 \pm 1,8	6,8 \pm 1,7	7,2 \pm 1,2	ns	ns	ns	ns	ns
Ácido	3,5 \pm 2,2	2,8 \pm 2,2	3,5 \pm 1,8	2,4 \pm 2,1	2,8 \pm 2,0	ns	ns	ns	ns	ns
Dulce	2,7 \pm 1,6	2,2 \pm 1,3	3,3 \pm 1,4	2,4 \pm 1,1	2,9 \pm 1,0	ns	ns	ns	ns	ns
Salado	3,4 \pm 1,6	3,3 \pm 1,8	3,2 \pm 1,3	2,2 \pm 1,6	2,9 \pm 2,1	ns	ns	ns	ns	ns
Persistencia	4,2 \pm 1,5	3,9 \pm 2,0	4,4 \pm 2,3	3,7 \pm 1,7	5,2 \pm 1,6	ns	ns	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 74. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en tomate (junio 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-14 días)

	0 días	14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-14 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
pH	4,49 \pm 0,78	4,41 \pm 0,02	4,38 \pm 0,01	4,35 \pm 0,01	4,66 \pm 0,05	***	***	***	ns	ns
Acidez ⁽¹⁾	0,26 \pm 0,01	0,25 \pm 0,01	0,29 \pm 0,01	0,36 \pm 0,01	0,19 \pm 0,01	ns	***	***	ns	*
Sólidos solubles (^oBrix)	4,07 \pm 0,74	4,33 \pm 0,58	4,43 \pm 0,40	4,4 \pm 0,53	4,00 \pm 0,00	***	***	***	ns	ns
Materia seca (%)	5,41 \pm 0,00	5,85 \pm 0,00	5,96 \pm 0,00	5,93 \pm 0,00	5,84 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	94,59 \pm 0,00	94,15 \pm 0,00	94,04 \pm 0,00	94,07 \pm 0,00	94,16 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de ruptura (N)	28,17 \pm 2,71	23,79 \pm 3,68	26,70 \pm 1,89	20,61 \pm 3,81	20,30 \pm 1,19	ns	ns	ns	ns	ns
L*	34,40 \pm 1,30	37,19 \pm 1,13	42,96 \pm 1,52	29,94 \pm 1,25	39,26 \pm 1,06	***	***	*	*	**
a*	6,34 \pm 2,81	19,83 \pm 0,80	11,64 \pm 3,09	11,47 \pm 1,74	13,43 \pm 1,56	*	ns	**	***	ns
b*	17,2 \pm 0,41	25,96 \pm 0,95	31,25 \pm 0,95	15,29 \pm 1,53	29,00 \pm 3,04	***	***	**	***	***
C*	19,38 \pm 0,48	32,92 \pm 0,64	34,28 \pm 1,62	19,45 \pm 1,71	33,05 \pm 2,95	***	***	**	***	***
H^o	70,70 \pm 9,11	52,97 \pm 1,81	70,57 \pm 4,77	53,31 \pm 4,68	66,60 \pm 3,04	ns	***	ns	*	ns
ΔE	-	17,42 \pm 0,69	19,61 \pm 0,72	8,59 \pm 1,01	18,01 \pm 2,54	***	***	**	-	-
Licopeno (mg/100g)	5,56 \pm 0,40	7,53 \pm 1,33	5,39 \pm 0,20	8,07 \pm 1,43	6,44 \pm 0,40	ns	ns	ns	ns	ns
β-Caroteno (mg/100g)	2,38 \pm 0,16	2,91 \pm 0,24	2,38 \pm 0,12	2,18 \pm 0,31	2,31 \pm 0,20	*	ns	*	*	ns
Ác. ascórbico (mg/100g)	21,41 \pm 2,06	21,41 \pm 0,10	18,67 \pm 0,22	20,74 \pm 0,29	15,73 \pm 0,21	***	***	***	ns	ns
Fenoles totales ⁽²⁾	55,15 \pm 1,97	59,41 \pm 0,57	51,73 \pm 3,13	64,77 \pm 4,93	60,69 \pm 2,61	**	ns	*	*	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: g de ácido cítrico/100g muestra fresca; ⁽²⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Relacionado con la intensidad del color, en los parámetros de color CIE $L^*a^*b^*$ también se encuentran diferencias significativas entre muestras (control y envasada). Así, tanto la luminosidad L^* , b^* , la cromaticidad C^* , y el tono H^0 presentan valores significativamente mayores ($p \leq 0,001$) en el tomate envasado. Según estos parámetros, las muestras envasadas poseen mayor brillo o cantidad de luz blanca (L^*), color más vivo (C^*) con tendencia al verdoso-amarillo (H^0). El tomate control está más rojo, es decir, presenta mayor intensidad del color a nivel sensorial (Tabla 74), tal como se ha indicado previamente.

Además el contenido en licopeno obtenido por HPLC, en el tomate control, es significativamente mayor ($p \leq 0,05$) que en el tomate envasado (Tabla 74). El cambio de color en el tomate está relacionado con la síntesis de compuestos del color, licopeno y β -caroteno principalmente, siendo el licopeno el carotenoide mayoritario en el tomate (Odriozola-Serrano y col., 2009; Ordoñez-Santos y col., 2011).

A lo largo del tiempo de almacenamiento también se encuentran diferencias significativas en algunos parámetros del color CIE $L^*a^*b^*$, como L^* ($p \leq 0,001$), a^* ($p \leq 0,05$), b^* ($p \leq 0,001$) y C^* ($p \leq 0,001$) tendiendo, en general, a aumentar con el paso del tiempo (Tabla 74).

Esto parece indicar que el tomate envasado evoluciona más lentamente que el control, lo que es un indicio para considerar el envasado en atmósfera modificada como un buen sistema para prolongar la vida útil del tomate.

En cuanto a la “firmeza”, en los primeros 14 días de almacenamiento, se produce una disminución significativa de la firmeza tanto en el tomate control ($p \leq 0,01$) como en el tomate envasado ($p \leq 0,05$) (Tabla 73).

El que se produzca esta disminución de la firmeza en los dos tipos de tomate de forma similar puede ser debido a que la humedad acumulada en el interior de los palets reblandezca los frutos envasados aún sin madurar.

A nivel físico-químico, en la fuerza de ruptura (N), no se encuentran diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los dos tipos de muestras (control y envasada), ni a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tabla 74), si bien se observa en ambos tipos de muestra que se produce una disminución a lo largo del tiempo de almacenamiento, lo que se corresponde con la pérdida de firmeza.

En cuanto a los resultados de los descriptores evaluados con escalas de dos puntos, al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson, se encuentra que, el envasado de las muestras, influye en la “uniformidad del color” ($p \leq 0,01$) y en el descriptor “manchas” ($p \leq 0,05$) en el muestreo de 14 días (Tabla 75).

Tabla 75. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en tomate (junio 2011)

	14 días	21 días
Uniformidad del color	**	ns
Manchas	*	ns
Desprendimiento de la parte viscosa	ns	ns
Aromas extraños	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

A los 14 días de almacenamiento, el 87,5% de las muestras de tomate control presentan un color uniforme mientras que este porcentaje es de tan solo el 12,5 % en las envasadas (Figuras 128 y 129). Esto puede ser debido a que los tomates control maduran más rápidamente, adquiriendo un color rojo-anaranjado uniforme antes que el tomate envasado que aún presenta zonas verdoso amarillentas, de ahí la falta de uniformidad en el color a los 14 días de almacenamiento.

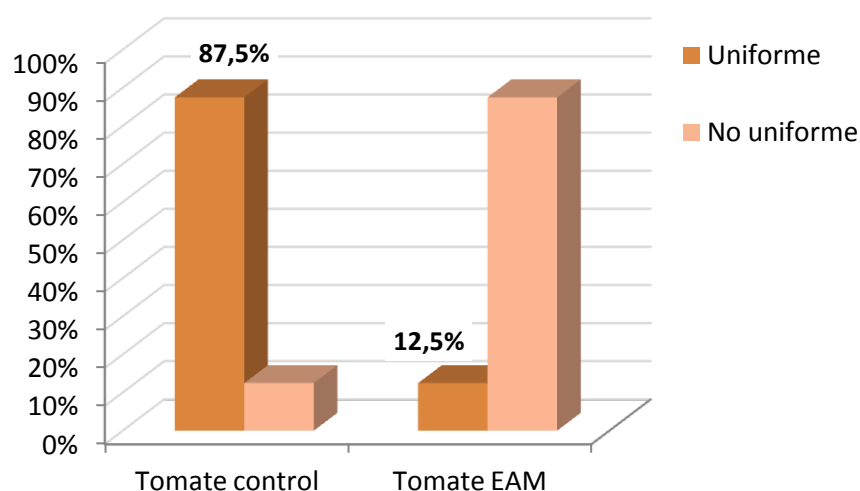


Figura 128. Uniformidad del color en tomate control y envasado (junio 2011) a los 14 días de almacenamiento



Figura 129. Muestras de tomate (junio 2011) a los 14 días de almacenamiento

En cuanto al descriptor “manchas” es destacable que hay mayor porcentaje de muestras con presencia en el tomate envasado (62,5%) que en el control (12,5 %) (Figuras 130 y 131). Estas manchas indican evidencias de podredumbre que puede estar causada por la elevada acumulación de humedad en el interior de los palets.

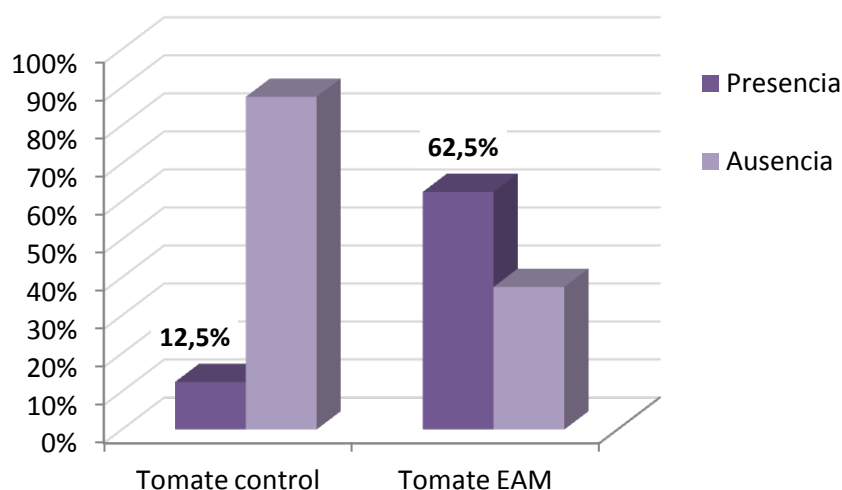


Figura 130. Descriptor “manchas” en tomate control y envasado (junio 2011) a los 14 días de almacenamiento



Figura 131. Descriptor “manchas” en tomate envasado (junio 2011) a los 14 días de almacenamiento

En el descriptor presencia de otras alteraciones los catadores señalan presencia de daños mecánicos y podredumbre desde el muestreo de 14 días tanto en tomate control como en el envasado en atmósfera modificada, tal y como ocurre en el primer ensayo.

4.2.2 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en pimiento

En la tabla 76 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en pimiento, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Se recogen también los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-14 días).

En la tabla 77 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en pimiento a lo largo del tiempo de almacenamiento y los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-14 días), sobre los datos obtenidos.

A nivel sensorial se obtienen diferencias significativas, en función de la utilización o no del envasado, en las variables “intensidad de color externo” ($p \leq 0,05$), e “intensidad de olor interno” ($p \leq 0,05$). El pimiento envasado, tiene valores de intensidad de color más elevados (verde más intenso) y una intensidad de olor interno menor que el pimiento control, tal como se obtiene en el primer ensayo (Tabla 76 y Figura 132).

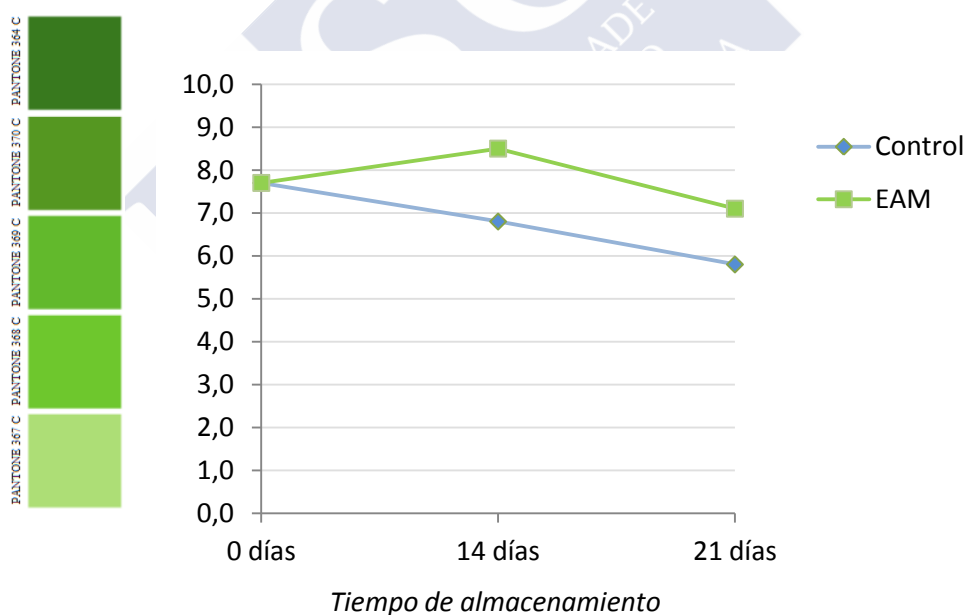


Figura 132. Evolución de la “intensidad de color externo” del pimiento control y envasado a lo largo del tiempo de almacenamiento (junio 2011)

A nivel físico-químico, también se encuentran diferencias significativas, en función de la utilización o no del envasado, en el parámetro diferencia de color ΔE ($p \leq 0,05$), siendo las muestras control las que presentan mayor diferencia de color respecto a la muestra inicial (Tabla 77).

Tabla 76. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en pimiento (junio 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-14 días)

	0 días	14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-14 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad de color externo	7,7 \pm 1,7	6,8 \pm 2,0	8,5 \pm 0,9	5,8 \pm 2,2	7,1 \pm 2,6	ns	*	ns	ns	ns
Intensidad del olor externo	4,4 \pm 2,4	3,4 \pm 2,2	2,7 \pm 2,2	4,2 \pm 2,7	3,5 \pm 1,6	ns	ns	ns	ns	ns
Turgencia	7,2 \pm 1,7	7,6 \pm 1,3	7,7 \pm 1,7	7,1 \pm 2,5	7,4 \pm 1,1	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor interno	5,8 \pm 2,3	5,8 \pm 1,8	5,5 \pm 1,8	6,7 \pm 1,4	4,5 \pm 2,2	ns	*	ns	ns	ns
Semillas de color oscuro	2,6 \pm 2,5	50,6 \pm 40,3	42,3 \pm 32,7	34,1 \pm 22,8	66,9 \pm 34,9	ns	ns	*	**	**

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 77. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en pimiento (junio 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-14 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Materia seca (%)	9,05 \pm 0,00	8,72 \pm 0,00	8,58 \pm 0,00	8,51 \pm 0,00	8,09 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	90,95 \pm 0,00	91,28 \pm 0,00	91,42 \pm 0,00	91,49 \pm 0,00	91,91 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de ruptura (N)	9,70 \pm 0,88	8,85 \pm 0,81	9,03 \pm 0,19	8,9 \pm 0,44	8,53 \pm 1,86	ns	ns	ns	ns	ns
L*	32,94 \pm 0,77	35,38 \pm 0,82	33,14 \pm 2,17	37,19 \pm 0,77	34,56 \pm 2,06	ns	ns	ns	*	ns
a*	-9,33 \pm 0,31	-9,01 \pm 0,83	-8,05 \pm 0,87	-10,05 \pm 0,66	-9,51 \pm 0,76	ns	ns	ns	ns	ns
b*	17,96 \pm 1,55	21,31 \pm 2,19	16,98 \pm 3,00	26,16 \pm 1,90	23,91 \pm 2,78	**	ns	ns	ns	ns
C*	20,25 \pm 1,52	23,19 \pm 2,30	18,83 \pm 2,99	28,06 \pm 1,96	25,75 \pm 2,85	**	ns	ns	ns	ns
H^o	117,73 \pm 1,27	113,80 \pm 0,87	115,85 \pm 2,88	111,64 \pm 0,77	112,08 \pm 1,11	*	ns	ns	*	ns
ΔE	-	7,08 \pm 0,59	5,18 \pm 0,84	10,3 \pm 1,08	7,87 \pm 2,32	**	*	ns	-	-
Luteína (mg/100g)	2,08 \pm 0,06	1,31 \pm 0,04	1,73 \pm 0,13	1,18 \pm 0,02	1,06 \pm 0,01	***	**	***	***	*
Clorofila b (mg/100g)	3,29 \pm 0,10	2,53 \pm 0,09	2,72 \pm 0,11	2,37 \pm 0,10	1,99 \pm 0,01	***	ns	***	**	**
Clorofila a (mg/100g)	11,74 \pm 0,31	8,89 \pm 0,40	9,94 \pm 0,68	8,26 \pm 0,26	7,43 \pm 0,12	***	ns	**	**	*
β-Caroteno (mg/100g)	2,54 \pm 0,06	1,81 \pm 0,20	1,89 \pm 0,15	1,73 \pm 0,02	1,46 \pm 0,05	**	ns	ns	**	**
Ác. ascórbico (mg/100g)	15,06 \pm 0,26	11,96 \pm 0,21	18,08 \pm 0,69	11,78 \pm 1,00	14,59 \pm 0,99	**	***	**	***	**
Fenoles totales ⁽¹⁾	3,13 \pm 1,57	6,72 \pm 1,77	10,75 \pm 0,80	19,69 \pm 1,09	21,95 \pm 8,69	**	ns	ns	ns	**

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Además, como puede observarse en la tabla 77, en función del tiempo de almacenamiento, se encuentran diferencias significativas en la coordenada b^* ($p \leq 0,01$), en la cromaticidad C^* ($p \leq 0,01$) y en el tono H° ($p \leq 0,05$). La coordenada b^* adquiere valores más positivos y el tono disminuye por lo que el pimiento pierde color verde a lo largo del tiempo de almacenamiento (Figura 133). Estas ligeras modificaciones se corresponden con una ligera disminución de las puntuaciones otorgadas por los catadores al descriptor “intensidad del color externo”, aun cuando éstas no son significativas.

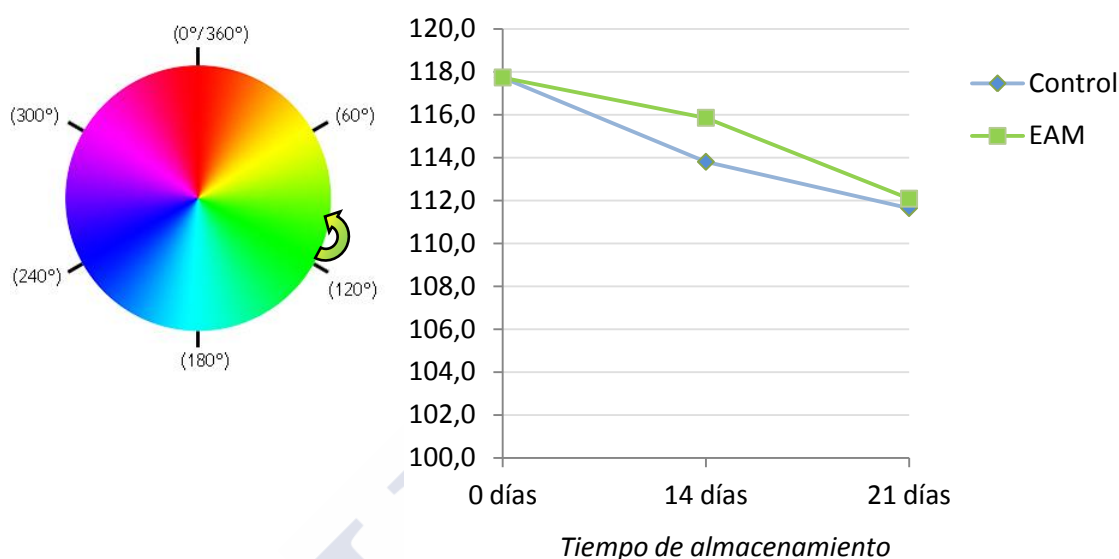


Figura 133. Evolución del tono H° del pimiento tipo Padrón a lo largo del tiempo de almacenamiento (junio 2011)

Los valores de los parámetros de color CIE $L^*a^*b^*$, respaldan los resultados obtenidos en los compuestos del color, ya que, disminuyen de forma significativa (luteína ($p \leq 0,001$), clorofila b ($p \leq 0,001$), clorofila a ($p \leq 0,001$) y β -caroteno ($p \leq 0,01$)) a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tabla 77).

Según indican Akbudak (2008) y Sakaldas y Kaynas (2010), el contenido en clorofila total es uno de los principales parámetros de calidad en el pimiento verde, debido a que el color en los frutos, está relacionado con el contenido total de clorofilas.

A nivel sensorial, la cantidad de “semillas de color oscuro” aumenta significativamente en función del tiempo de almacenamiento tanto en pimiento control ($p \leq 0,01$) como en pimiento envasado ($p \leq 0,01$) entre el primer y segundo muestreo, tal como ocurre en el primer ensayo (Tabla 76).

En cuanto a los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos (“uniformidad del color”, “brillo de superficie”, “arrugas”, “manchas”, “olores extraños externos”, “olores extraños internos” y “sensación ardiente”), el test Chi-cuadrado no indica relación significativa ($p > 0,05$) en función de si el pimiento está envasado o no (Tabla 78).

Tabla 78. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en pimiento (junio 2011)

	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns
Brillo de superficie	ns	ns
Arrugas	ns	ns
Manchas	ns	ns
Olores extraños externos	ns	ns
Olores extraños internos	ns	ns
Sensación ardiente	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tal como se muestra en la tabla 79, la variable sensorial “sensación de humedad”, tampoco está influenciada por el hecho de envasar o no la muestra según la prueba U de Mann-Whitney.

Tabla 79. Resultados del test U de Mann-Whitney sobre los datos sensoriales obtenidos en pimiento (junio 2011)

	14 días	21 días
Sensación de humedad	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

En otras alteraciones, los catadores señalan podredumbre a partir de 14 días de almacenamiento tanto en pimiento control como en el envasado en atmósfera modificada.

4.2.3 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en judía verde

En la tabla 80 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en judía verde, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Se recogen también los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-14 días).

En la tabla 81 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en judía verde a lo largo del tiempo de almacenamiento y los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-14 días), sobre los datos obtenidos.

Desde el punto de vista sensorial, el único descriptor que presenta diferencias significativas en función del tiempo de almacenamiento ($p \leq 0,05$) y entre muestras (judía control y judía envasada) ($p \leq 0,05$) es el “crocante” (Tabla 80).

Se observa en la Figura 134, que el descriptor crocante disminuye a lo largo del tiempo de almacenamiento, siendo esta disminución más acusada, en las muestras de judía envasada en atmósfera modificada.

Esto puede ser debido a la gran acumulación de agua en el interior de los palets, que produce el ablandamiento de las muestras, más rápido, que las alteraciones en la textura que producirían la pérdida de agua o deshidratación superficial durante el proceso natural de respiración y transpiración del producto.

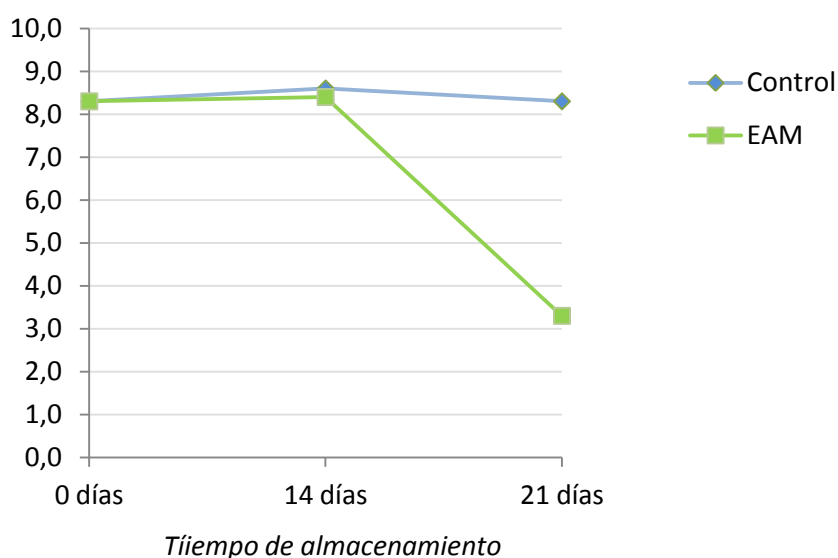


Figura 134. Evolución del “crocante” de la judía verde control y envasada a lo largo del tiempo de almacenamiento (junio 2011)

Tabla 80. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en judía verde (junio 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-14 días)

	0 días	14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-14 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad de color externo	6,2 \pm 1,5	5,7 \pm 1,5	6,8 \pm 1,5	6,6 \pm 1,7	6,1 \pm 1,6	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor externo	2,0 \pm 1,3	1,5 \pm 1,7	1,2 \pm 1,2	1,4 \pm 2,6	1,3 \pm 2,6	ns	ns	ns	ns	ns
Crocante	8,3 \pm 1,5	8,6 \pm 1,8	8,4 \pm 2,1	8,3 \pm 2,5	3,3 \pm 3,0	*	*	ns	ns	ns
Intensidad del olor interno	6,3 \pm 1,4	6,0 \pm 1,6	5,9 \pm 2,1	6,4 \pm 1,8	6,6 \pm 2,5	ns	ns	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 81. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en judía verde (junio 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-14 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Materia seca (%)	8,68 \pm 0,00	8,30 \pm 0,00	7,92 \pm 0,00	7,55 \pm 0,00	7,98 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	91,32 \pm 0,00	91,70 \pm 0,00	92,08 \pm 0,00	92,45 \pm 0,00	92,02 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de corte (N)	34,80 \pm 3,92	28,29 \pm 2,21	33,07 \pm 4,68	27,13 \pm 2,43	30,55 \pm 1,69	ns	*	ns	ns	ns
Trabajo de corte (Nsec)	32,69 \pm 4,01	28,24 \pm 2,29	35,04 \pm 4,17	32,16 \pm 3,78	32,33 \pm 1,91	ns	ns	ns	ns	ns
L*	57,29 \pm 2,96	55,13 \pm 1,53	56,68 \pm 0,97	54,83 \pm 2,58	49,28 \pm 2,26	**	ns	*	ns	ns
a*	-9,93 \pm 0,50	-9,19 \pm 0,65	-9,44 \pm 0,34	-7,97 \pm 0,20	-6,86 \pm 0,15	***	ns	ns	ns	ns
b*	28,84 \pm 1,23	28,21 \pm 1,26	27,98 \pm 0,63	27,18 \pm 0,61	22,22 \pm 0,72	***	***	ns	ns	ns
C*	30,51 \pm 1,31	29,67 \pm 1,39	29,54 \pm 0,69	28,33 \pm 0,53	23,26 \pm 0,72	***	***	ns	ns	ns
H°	108,98 \pm 0,36	108,03 \pm 0,50	108,64 \pm 0,42	106,31 \pm 0,72	107,15 \pm 0,18	***	*	ns	ns	ns
ΔE	-	3,49 \pm 0,66	2,72 \pm 0,60	4,64 \pm 1,20	10,85 \pm 1,95	ns	**	**	-	-
Luteína (mg/100g)	0,31 \pm 0,04	0,46 \pm 0,04	0,26 \pm 0,03	0,32 \pm 0,02	0,21 \pm 0,01	***	***	*	*	*
Clorofila b (mg/100g)	1,00 \pm 0,08	1,30 \pm 0,17	0,82 \pm 0,05	0,93 \pm 0,10	0,77 \pm 0,02	**	**	*	*	*
Clorofila a (mg/100g)	4,53 \pm 0,52	5,76 \pm 0,45	3,41 \pm 0,17	4,12 \pm 0,09	2,57 \pm 0,04	***	***	*	*	*
β-Caroteno (mg/100g)	0,58 \pm 0,09	0,68 \pm 0,08	0,36 \pm 0,04	0,77 \pm 0,05	0,22 \pm 0,01	ns	***	**	ns	ns
Ác. ascórbico (mg/100g)	3,95 \pm 0,15	1,23 \pm 0,02	1,46 \pm 0,12	1,74 \pm 0,22	1,17 \pm 0,49	ns	ns	*	***	***
Ác. asc. total (mg/100g)	11,23 \pm 0,65	6,75 \pm 0,15	5,28 \pm 0,11	1,32 \pm 0,02	2,17 \pm 0,40	***	*	***	***	***
Ác. DHAA (mg/100g)	7,28 \pm 0,73	5,51 \pm 0,16	3,81 \pm 0,05	3,21 \pm 0,18	0,23 \pm 0,25	***	***	***	*	*
Fenoles totales ⁽¹⁾	75,38 \pm 1,06	85,49 \pm 2,85	68,02 \pm 5,87	95,00 \pm 2,25	70,40 \pm 2,06	*	***	ns	**	**

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) p \leq 0,05; (**) p \leq 0,01; (***) p \leq 0,001

A nivel físico-químico también se han encontrado diferencias significativas entre muestras (control y envasada) en la fuerza de corte. El valor de este parámetro es significativamente mayor ($p \leq 0,05$) en las muestras de judía envasada, lo cual podría ser debido a la pérdida del carácter crocante y que sea más difícil de cortar el producto (Tabla 81).

En todos los parámetros de color CIE $L^*a^*b^*$, se obtienen disminuciones significativas ($p \leq 0,01$) en función del tiempo de almacenamiento. Que estos parámetros disminuyan indica que la judía está perdiendo brillo (L^*) y color verde (H^0) y que este tono se vuelve más apagado (C^*) (Tabla 81).

Esta pérdida de color verde, está relacionada con los compuestos responsables del color, principalmente las clorofilas. En la determinación del contenido en luteína, clorofila a y clorofila b se obtienen disminuciones significativas a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento (Tabla 81). Además se encuentran diferencias entre muestras (control y envasada) en el contenido de todos ellos, presentando un mayor contenido de pigmentos la judía control (Tabla 81).

En cuanto a los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos (“uniformidad del color”, “manchas”, “olores extraños externos” y “olores extraños internos”), únicamente existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre la presencia/ausencia de manchas en las muestras control y envasada a los 21 días de almacenamiento (Tabla 82), de modo que en este muestreo el 71,4% de las muestras de judía control presentan manchas, frente al 14,5% en las envasadas. Estas manchas podrían formarse a consecuencia del deterioro de la materia prima en las zonas menos hidratadas (Figuras 135 y 136).

Tabla 82. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en judía verde (junio 2011)

	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns
Manchas	ns	*
Olores extraños externos	ns	ns
Olores extraños internos	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

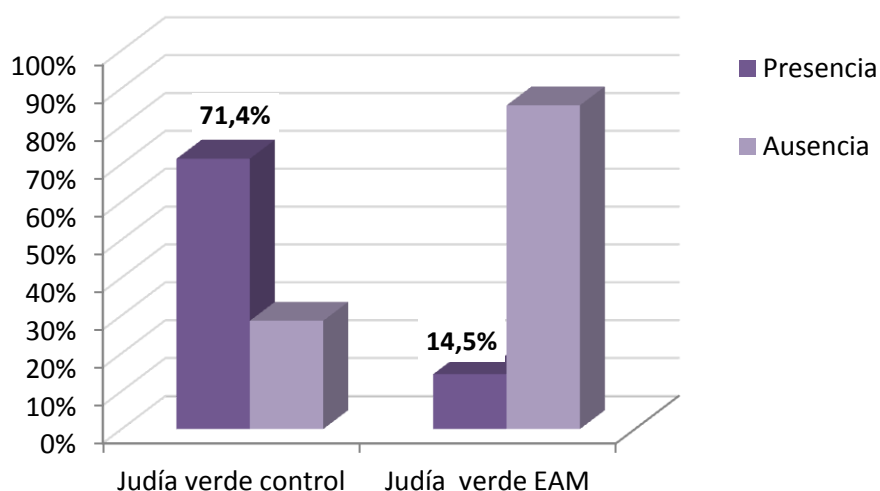


Figura 135. Descriptor “manchas” en judía verde control y envasada (junio 2011) a los 21 días de almacenamiento

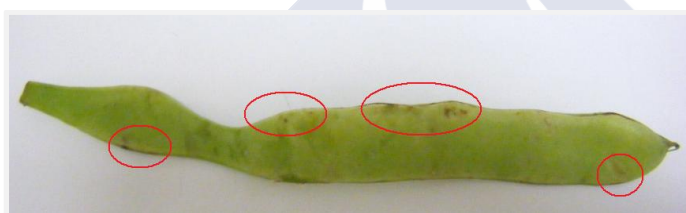


Figura 136. Manchas en judía verde control (junio 2011) a los 21 días de almacenamiento

Si bien las muestras control presentan mayor porcentaje de este tipo de manchas, en otras alteraciones, los catadores señalan que las muestras envasadas en atmósfera modificada presentan un 85,7% de manchas por humedad (Figura 137). Las manchas por humedad están directamente relacionadas con la condensación de agua en el interior de los palets, ya que las muestras envasadas se mostraban muy humedecidas exteriormente.



Figura 137. Manchas por humedad en judía verde envasada (junio 2011) a los 21 días de almacenamiento

Prueba de ello es que, al aplicar la prueba no paramétrica de dos muestras independientes U de Mann-Whitney, sobre los datos obtenidos en los descriptores sensoriales evaluados con escalas de tres puntos, se obtienen diferencias significativas en el descriptor “sensación de humedad” a los 21 días de almacenamiento, de modo que, al final del almacenamiento, el 71,4% de las judías verdes envasadas están bastante hidratadas, lo que se corresponde con la mayor cantidad de humedad en el interior del envase (Tabla 83 y Figura 138).

Tabla 83. Resultados del test U de Mann-Whitney sobre los datos sensoriales obtenidos en judía verde (junio 2011)

	14 días	21 días
Rugosidad de la piel	ns	ns
Sensación de humedad	ns	*

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

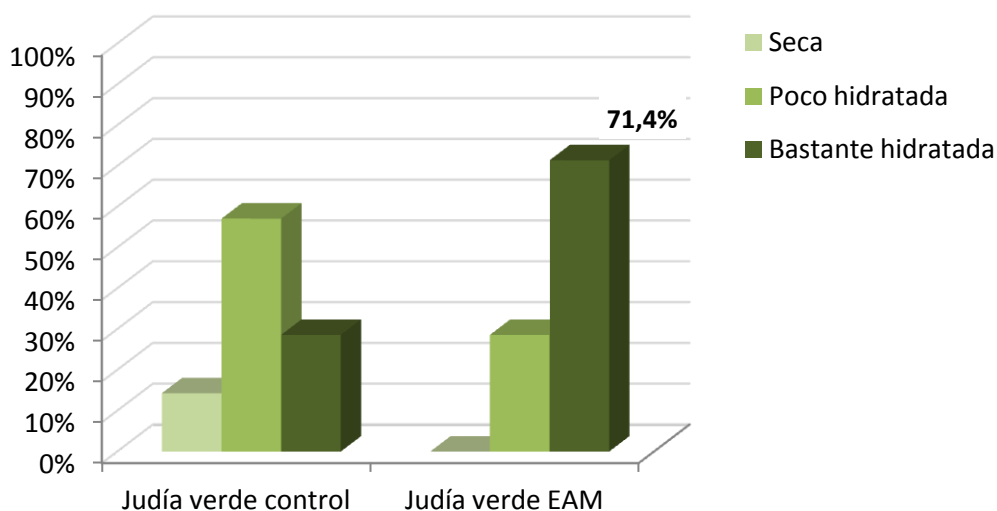


Figura 138. Descriptor “sensación de humedad” en judía verde (junio 2011)

- **Conclusiones del segundo ensayo:**

En este segundo ensayo se ha observado que:

- Se corrige el descenso en la concentración de O_2 en el interior de los palets envasados.
- Sigue apareciendo el problema de la condensación de vapor de agua en el interior de los palets.
- No se consigue llegar con materia prima en buenas condiciones al muestreo de 28 días.

Comprobado que el principal problema que hay es la elevada humedad que se acumula en el interior de los palets y, ante la imposibilidad de cambiar el material plástico de envasado, se plantea realizar un tercer y definitivo ensayo (septiembre 2011) en el que se propone:

- Mantener las concentraciones de los gases de envasado (O_2 y CO_2) del segundo ensayo.
- Añadir a cada palet envasado una cantidad de gel de sílice con indicador de color naranja WG 2 (2,5 kg por palet de producto) (Figura 140).
- Realizar la toma de muestras a los 0, 7, 14 y 21 días.

4.3 RESULTADOS DEL TERCER ENSAYO (SEPTIEMBRE 2011)

En este último ensayo, se parte de materia prima con buen aspecto general (Figura 139).



Figura 139. Materia prima de partida (septiembre 2011)

A pesar de añadir el gel de sílice en el envasado (Figura 140), a lo largo del tiempo de almacenamiento, sigue apareciendo condensación de vapor de agua en el interior de los palets, aunque muy inferior a la de los dos ensayos anteriores, concentrándose principalmente en las zonas del palet más alejadas del gel de sílice (Figura 141).



Figura 140. Envasado de un palet de pimiento añadiendo gel de sílice (septiembre 2011)

De los tres productos envasados en atmósfera modificada, la judía verde sigue siendo la que presenta mayor cantidad de humedad.



Figura 141. Condensación de vapor de agua en palet de tomate, pimiento y judía verde envasados en atmósfera modificada (septiembre 2011)

4.3.1 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en tomate

En la tabla 84 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en tomate, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Asimismo, en la tabla 85 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas realizadas en tomate a lo largo del tiempo de almacenamiento.

En ambas tablas se recogen también los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días), sobre los datos obtenidos.



Tabla 84. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en tomate (septiembre 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-7 días)

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad del color externo	0,6 \pm 0,6	2,6 \pm 1,4	3,2 \pm 1,9	3,9 \pm 2,3	3,8 \pm 2,4	2,9 \pm 1,9	2,8 \pm 2,0	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor externo	0,7 \pm 0,4	1,3 \pm 1,1	1,3 \pm 1,0	3,1 \pm 2,1	2,6 \pm 1,6	2,6 \pm 1,5	1,8 \pm 0,9	ns	ns	ns	ns	ns
Firmeza	9,4 \pm 0,5	6,1 \pm 2,3	6,3 \pm 2,2	5,8 \pm 2,3	5,9 \pm 2,1	6,6 \pm 1,8	6,4 \pm 1,4	ns	ns	ns	*	ns
Intensidad del olor interno	2,1 \pm 1,4	4,1 \pm 2,4	3,3 \pm 1,6	4,2 \pm 2,3	6,4 \pm 1,7	3,7 \pm 1,2	4,4 \pm 2,1	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del color interno	0,9 \pm 0,3	2,8 \pm 1,1	2,8 \pm 1,7	4,2 \pm 1,7	4,1 \pm 1,7	3,4 \pm 1,1	3,7 \pm 1,5	ns	ns	ns	ns	ns
Jugosidad	5,3 \pm 3,8	6,2 \pm 2,0	6,8 \pm 0,9	6,0 \pm 1,7	6,4 \pm 0,6	5,9 \pm 1,7	6,6 \pm 1,1	ns	ns	ns	ns	ns
Consistencia	7,1 \pm 0,1	6,6 \pm 1,1	6,0 \pm 1,0	4,9 \pm 1,3	5,2 \pm 0,6	7,2 \pm 0,8	6,7 \pm 1,0	***	ns	ns	ns	ns
Resistencia masticación piel	5,9 \pm 0,3	7,7 \pm 1,3	6,2 \pm 0,5	5,8 \pm 1,4	5,8 \pm 1,5	7,3 \pm 0,4	6,6 \pm 0,6	**	ns	ns	ns	ns
Ácido	2,2 \pm 0,3	1,7 \pm 0,8	2,9 \pm 1,9	2,3 \pm 1,2	2,7 \pm 1,7	3,4 \pm 2,1	2,9 \pm 1,7	ns	ns	ns	ns	ns
Dulce	4,0 \pm 1,3	3,0 \pm 1,4	3,3 \pm 1,6	3,3 \pm 1,9	3,1 \pm 1,3	3,2 \pm 2,2	3,3 \pm 2,0	ns	ns	ns	ns	ns
Salado	4,6 \pm 0,6	3,9 \pm 1,1	3,7 \pm 1,1	3,1 \pm 1,7	3,1 \pm 1,4	2,8 \pm 1,5	3,5 \pm 1,5	ns	ns	ns	ns	ns
Persistencia	4,9 \pm 0,1	4,7 \pm 1,2	4,9 \pm 1,7	5,0 \pm 0,9	4,8 \pm 2,0	4,3 \pm 0,8	4,4 \pm 1,6	ns	ns	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 85. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en tomate (septiembre 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
pH	4,20 \pm 0,04	3,81 \pm 0,04	3,60 \pm 0,02	4,02 \pm 0,03	4,04 \pm 0,04	4,25 \pm 0,04	4,26 \pm 0,06	***	ns	***	***	***
Acidez ⁽¹⁾	0,44 \pm 0,05	0,41 \pm 0,01	0,41 \pm 0,05	0,44 \pm 0,01	0,35 \pm 0,01	0,34 \pm 0,02	0,36 \pm 0,03	**	ns	ns	ns	ns
Sólidos solubles (^oBrix)	4,23 \pm 0,11	4,63 \pm 0,23	4,13 \pm 0,11	4,97 \pm 0,06	4,43 \pm 0,40	4,30 \pm 0,20	4,40 \pm 0,36	ns	*	ns	ns	ns
Materia seca (%)	6,50 \pm 0,00	6,39 \pm 0,00	5,73 \pm 0,00	6,33 \pm 0,00	5,78 \pm 0,00	6,41 \pm 0,00	6,11 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	93,50 \pm 0,00	93,61 \pm 0,00	94,27 \pm 0,00	93,67 \pm 0,00	94,22 \pm 0,00	93,59 \pm 0,00	93,89 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de ruptura (N)	28,98 \pm 0,50	25,03 \pm 0,75	23,06 \pm 2,88	20,90 \pm 3,37	25,16 \pm 3,60	26,63 \pm 3,77	19,28 \pm 2,68	ns	ns	ns	**	ns
L*	44,64 \pm 0,62	42,98 \pm 2,44	39,81 \pm 0,69	40,89 \pm 1,10	40,47 \pm 0,27	42,65 \pm 1,85	40,46 \pm 0,78	ns	*	ns	ns	***
a*	1,92 \pm 2,57	6,46 \pm 3,64	8,76 \pm 5,76	8,83 \pm 2,11	5,44 \pm 3,80	9,59 \pm 1,74	6,16 \pm 4,09	ns	ns	ns	ns	Ns
b*	30,71 \pm 0,55	30,98 \pm 1,29	29,65 \pm 1,50	29,68 \pm 2,55	29,35 \pm 2,50	29,60 \pm 3,59	32,09 \pm 1,73	ns	ns	ns	ns	ns
C*	31,53 \pm 0,26	32,92 \pm 1,43	32,76 \pm 2,03	31,95 \pm 2,21	31,00 \pm 2,84	31,64 \pm 3,24	33,69 \pm 2,66	ns	ns	ns	ns	ns
H°	86,81 \pm 4,70	79,77 \pm 6,07	79,63 \pm 16,58	74,27 \pm 4,22	85,74 \pm 14,41	72,59 \pm 5,55	80,25 \pm 5,55	ns	ns	ns	ns	ns
ΔE	-	10,35 \pm 0,91	13,54 \pm 1,77	10,93 \pm 1,53	10,20 \pm 1,00	10,87 \pm 1,33	10,61 \pm 3,20	ns	ns	ns	-	-
Licopeno (mg/100g)	3,60 \pm 0,68	6,21 \pm 1,22	2,56 \pm 1,85	6,84 \pm 0,26	4,32 \pm 0,73	6,44 \pm 1,96	5,54 \pm 0,91	ns	**	ns	*	ns
β-Caroteno (mg/100g)	2,21 \pm 0,15	3,31 \pm 0,27	2,40 \pm 0,79	3,10 \pm 0,38	3,14 \pm 0,33	3,06 \pm 0,27	3,38 \pm 0,74	ns	ns	ns	*	ns
Ác. ascórbico(mg/100g)	18,52 \pm 1,03	21,55 \pm 1,20	16,90 \pm 0,97	20,78 \pm 0,70	16,95 \pm 0,40	16,95 \pm 1,34	15,56 \pm 0,35	***	***	*	*	ns
Fenoles totales ⁽²⁾	61,58 \pm 2,43	58,23 \pm 2,51	57,64 \pm 1,94	60,34 \pm 1,60	51,92 \pm 2,34	63,34 \pm 2,55	62,25 \pm 1,16	***	**	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: g de ácido cítrico/100g muestra fresca; ⁽²⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) p \leq 0,05; (**) p \leq 0,01; (***) p \leq 0,001

Desde el punto de vista sensorial, en la tabla 84 se observa que a lo largo del tiempo de almacenamiento las diferencias son significativas en la “consistencia” ($p \leq 0,001$) y en la “resistencia a la masticación de la piel” ($p \leq 0,01$). La consistencia, en general, tiende a disminuir a lo largo del tiempo de almacenamiento, excepto en el último muestreo mientras que la resistencia a la masticación de la piel sufre oscilaciones significativas (Figuras 142 y 143).

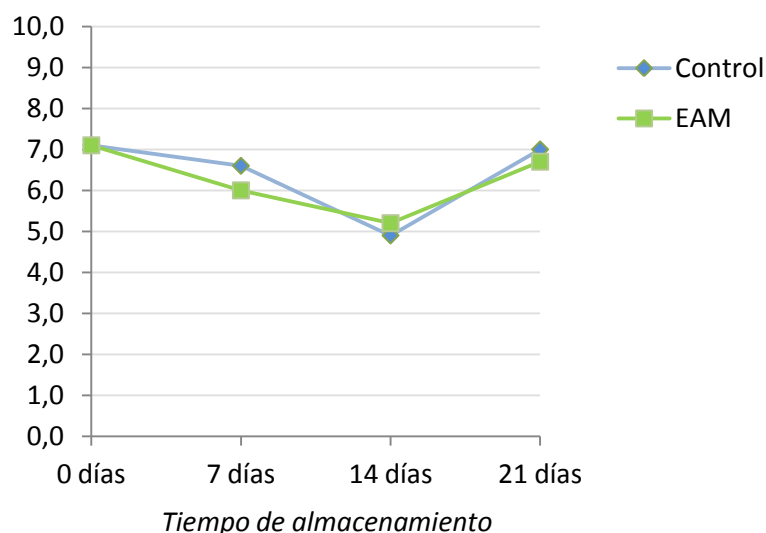


Figura 142. Evolución de la consistencia del tomate a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2011)

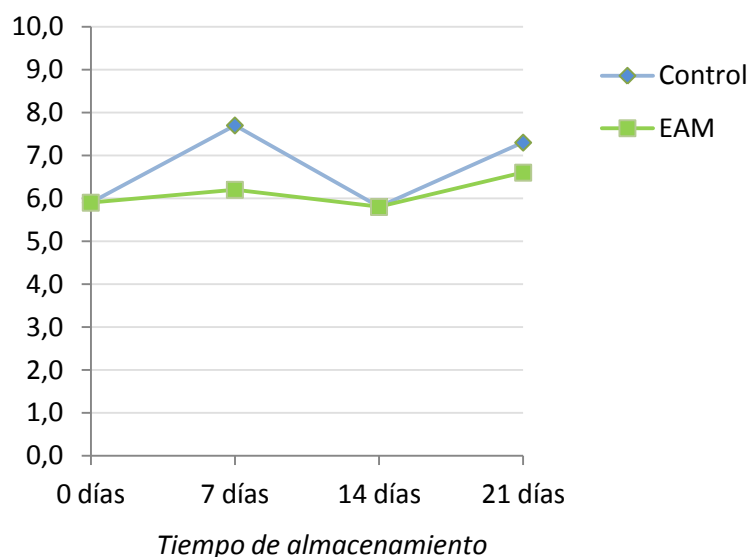


Figura 143. Evolución de la resistencia a la masticación de la piel del tomate a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2011)

Al aplicar el test t-Student se obtiene que en los primeros 7 días de almacenamiento la “firmeza” disminuye de forma significativa ($p \leq 0,05$) en el tomate control, como es de esperar debido al proceso de maduración (Tabla 84). Esto indica que en el tomate envasado dicho proceso es más lento.

El resultado se corresponde con los obtenidos a nivel físico-químico, ya que la fuerza de punción o ruptura, en tomate control también disminuye de forma significativa ($p \leq 0,01$) en los 7 primeros días de almacenamiento, con el ablandamiento del fruto, consecuencia lógica del proceso de maduración (Tabla 85).

A nivel físico-químico se obtienen diferencias significativas en el pH ($p \leq 0,001$) y en la acidez ($p \leq 0,01$), en función del tiempo de almacenamiento. En general, el pH aumenta ligeramente lo largo del tiempo de almacenamiento a medida que la acidez disminuye. A similares resultados llegan *Odriozola-Serrano y col.* (2008) en *L. esculentum* Mill. cv. Bola y *Ordóñez-Santos y col.* (2009) en *L. esculentum* Mill. cv Lladó y Antillas.

Según Sammi y Masud (2009), la acidez es un índice de madurez. La desaparición de ácido málico y cítrico durante el proceso de maduración puede ser el principal factor responsable de la reducción de la acidez durante el almacenamiento.

De todas formas, estos cambios en pH y acidez son tan pequeños que no se ven reflejados en cambios significativos en el sabor ácido (Tablas 84 y 85).

En cuanto al contenido de sólidos solubles, se encuentran diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre muestras (control y envasada), siendo, en general, el tomate control, el que posee un contenido ligeramente superior (Tabla 85). Estas pequeñas diferencias no son significativas en el sabor dulce a nivel sensorial (Tabla 84).

Debido a que los cambios que se producen en el contenido de sólidos solubles ocurren a consecuencia del proceso natural de maduración en el periodo post-cosecha, por la hidrólisis del almidón (*Sammi y Masud*, 2009), se puede intuir que el tomate envasado continúa con el proceso de maduración, durante el periodo de almacenamiento, pero más lentamente que el tomate control. Este resultado se corresponde con lo obtenido por *Aneesh y col.* (2007) y *Aneesh y col.* (2008). Estos autores consideran el envasado en bolsas de LDPE y en combinación con bajas temperaturas, un método eficaz para la ampliación de la vida útil de *L. esculentum* Mill. var. ‘Madanapally’ hasta los 21 días.

Arana y col. (2009) indican que los tomates con aroma y sabor óptimos, deben tener un contenido en sólidos solubles de entre 4 y 6 °Brix y un pH entre 4 y 5, valores coincidentes con los resultados obtenidos en el presente estudio.

En cuanto a los parámetros relacionados con el color, las diferencias son significativas, entre muestras (control y envasada), en la luminosidad L^* ($p \leq 0,05$) y en el contenido en licopeno ($p \leq 0,01$). El tomate control es el que presenta mayor luminosidad L^* , y un color rojo más oscuro, consecuencia del contenido ligeramente superior en licopeno (*Arias y col.*, 2000). A nivel sensorial, igualmente los tomates control presentan valores ligeramente superiores de intensidad de color, si bien no existen diferencias significativas entre las muestras (Tablas 84 y 85).

En la tabla 85 se observa que en los primeros 7 días de almacenamiento, aumenta significativamente el contenido licopeno ($p \leq 0,05$) y β -caroteno ($p \leq 0,05$) en el tomate control.

El retraso en el cambio de color del tomate envasado, puede ser debido a la disminución del proceso metabólico responsable de la degradación de los pigmentos de clorofila y síntesis de licopeno y β -caroteno durante el almacenamiento (*Aneesh y col.*, 2008). Tal como exponen *Odriozola-Serrano y col.* (2009), se puede explicar por el hecho de que las atmósferas modificadas, ya sean bajas en O_2 o elevadas en CO_2 son consideradas inhibidoras de la biosíntesis de carotenoides.

En cuanto al contenido en ácido ascórbico se obtienen resultados similares a los determinados por *Aneesh y col.* (2007) en *L. esculentum* Mill. var. Madanapally, por *Sammi y Masud* (2008) en *L. esculentum* var. Rio Grande y por *Workneh y col.* (2011) en *L. esculentum* var. Marglobe pero ligeramente superiores a los obtenidos por *Ordóñez-Santos y col.* (2011) en *S. lycopersicum* L. cv Lladó y Antillas.

En función del tiempo de almacenamiento, el contenido en ácido ascórbico disminuye significativamente ($p \leq 0,001$) excepto en el tomate control entre el primer y segundo muestreo donde aumenta significativamente ($p \leq 0,05$) (Tabla 85). *Workneh y col.* (2011) también señalan una disminución en el contenido de ácido ascórbico a partir de los 16 días de almacenamiento.

En la tabla 85 se observa que el tomate envasado posee un contenido significativamente inferior ($p \leq 0,001$) de ácido ascórbico. Autores como *Sammi y Masud* (2008) o *Odriozola-Serrano y col.* (2008) indican que la alta concentración de CO_2 en el interior del envase, afecta a la tasa de maduración, retrasando la producción de ácido ascórbico.

El contenido en fenoles totales se corresponde con los valores indicados por Rosales y col. (2011) en *S. lycopersicum* L. cv Naomi. A lo largo del tiempo de almacenamiento, se obtienen diferencias significativas ($p \leq 0,001$) entre muestreos sin encontrarse una tendencia clara en función del tiempo de almacenamiento. García-Alonso y col. (2009) indican que los compuestos fenólicos son muy estables durante el almacenamiento a 4 °C.

En función de la utilización o no del envasado, son los tomates control los que poseen un contenido ligeramente mayor, aunque significativo ($p \leq 0,01$), de fenoles totales.

Tal como se muestra en la tabla 86, al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos obtenidos de los descriptores evaluados con escalas de dos puntos, únicamente se obtiene relación significativa ($p \leq 0,05$) a los 21 días de almacenamiento entre el descriptor “manchas” y el tipo de muestra (control y envasada). Así, al final del almacenamiento, el 100% de las muestras de tomate control presentan manchas, mientras que las envasadas, solo presentan manchas el 42,9% de las muestras analizadas (Figuras 144 y 145).

Este parámetro es un buen indicador de que el envasado en atmósfera modificada puede ser un método eficaz para prolongar la vida útil del tomate.

Tabla 86. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en tomate (septiembre 2011)

	7 días	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns	ns
Manchas	ns	ns	*
Desprendimiento de la parte viscosa	ns	ns	ns
Aromas extraños	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

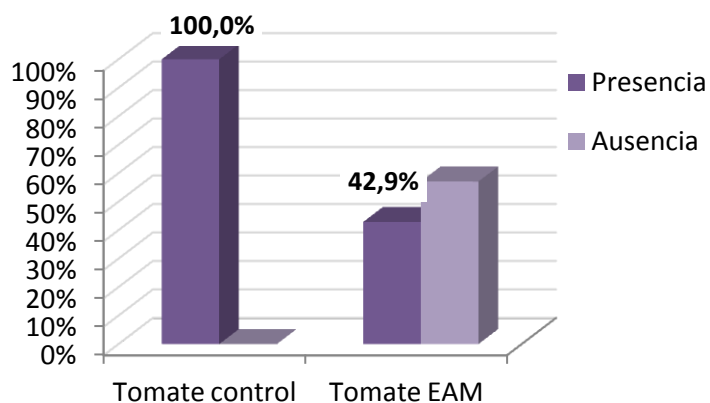


Figura 144. Descriptor “manchas” en tomate control y envasado (septiembre 2011) a los 21 días de almacenamiento



Figura 145. Presencia de manchas en tomate (septiembre 2011) a los 21 días de almacenamiento

Por último, en otras alteraciones, los catadores señalan principalmente presencia de grietas/estrías (Figura 146). El 42,9% de las muestras control presentan grietas frente al 14,3% de las muestras de tomate envasado en atmósfera modificada.

Es destacable que en este último ensayo, en ningún muestreo aparece presencia de aromas extraños, ni en tomate control ni en el envasado en atmósfera, tal como ocurría en los dos anteriores ensayos.



Figura 146. Grietas en tomate al principio y final del almacenamiento (septiembre 2011)

4.3.2 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en pimiento

En la tabla 87 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en pimiento tipo Padrón, a lo largo del tiempo de almacenamiento. Asimismo, en la tabla 88 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas.

En ambas tablas se recogen también los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y el test t-Student (0-7 días), sobre los datos obtenidos.

A nivel sensorial, en función de la utilización o no del envasado únicamente se obtienen diferencias significativas, en el descriptor “intensidad de olor externo” ($p \leq 0,05$) (Tabla 87). En la figura 147 se observa que las muestras control tienen una intensidad de olor externo más elevada que las muestras de pimiento envasadas en atmósfera modificada en todos los muestreos realizados.

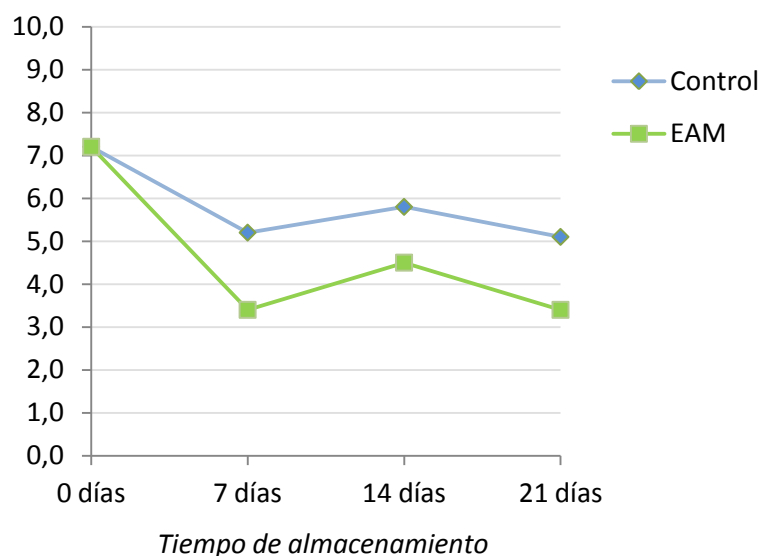


Figura 147. Evolución de la intensidad del olor externo del pimiento control y envasado a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2011)

Al igual que en los dos anteriores ensayos, en función del tiempo de almacenamiento se obtienen diferencias significativas ($p \leq 0,01$), en el descriptor “semillas de color oscuro” de modo que aumentan significativamente con el paso del tiempo. En los primeros 7 días de almacenamiento, aumentan significativamente ($p \leq 0,05$) en el pimiento control (Tabla 87).

Tabla 87. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en pimiento (septiembre 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-7 días)

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad de color externo	8,6 \pm 0,9	7,7 \pm 1,6	7,5 \pm 0,4	5,8 \pm 2,2	7,7 \pm 2,2	7,6 \pm 1,2	6,6 \pm 2,1	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor externo	7,2 \pm 0,9	5,2 \pm 2,4	3,4 \pm 2,9	5,8 \pm 2,5	4,5 \pm 2,3	5,1 \pm 1,8	3,4 \pm 2,3	ns	*	ns	ns	ns
Turgencia	8,1 \pm 0,9	7,8 \pm 1,0	7,6 \pm 2,4	7,0 \pm 2,6	6,6 \pm 1,6	6,4 \pm 1,6	7,2 \pm 1,9	ns	ns	ns	ns	ns
Intensidad del olor interno	6,3 \pm 2,7	6,7 \pm 0,8	5,3 \pm 1,4	6,1 \pm 2,0	5,9 \pm 2,1	5,9 \pm 1,5	5,1 \pm 1,5	ns	ns	ns	ns	ns
Semillas de color oscuro	3,3 \pm 1,5	64,2 \pm 33,8	13,4 \pm 9,5	56,1 \pm 31,9	84,1 \pm 11,7	57,5 \pm 3,2	85,5 \pm 19,1	**	ns	**	*	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 88. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en pimiento (septiembre 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Materia seca (%)	9,56 \pm 0,00	10,02 \pm 0,00	9,51 \pm 0,00	8,77 \pm 0,00	9,66 \pm 0,00	8,62 \pm 0,00	8,71 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	90,44 \pm 0,00	89,98 \pm 0,00	90,49 \pm 0,00	91,23 \pm 0,00	90,34 \pm 0,00	91,38 \pm 0,00	91,29 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de ruptura (N)	10,16 \pm 0,80	10,36 \pm 0,24	10,52 \pm 0,66	10,87 \pm 1,14	8,59 \pm 0,93	10,50 \pm 0,46	8,86 \pm 1,02	ns	**	ns	ns	ns
L*	36,06 \pm 0,84	35,20 \pm 1,29	37,57 \pm 1,17	39,53 \pm 0,62	34,20 \pm 1,29	38,77 \pm 0,48	39,92 \pm 2,13	ns	ns	***	ns	ns
a*	-8,82 \pm 0,92	-9,44 \pm 0,74	-10,29 \pm 0,09	-10,58 \pm 0,22	-8,82 \pm 0,81	-10,42 \pm 0,46	-10,28 \pm 0,79	ns	ns	**	ns	ns
b*	20,07 \pm 1,89	22,21 \pm 3,42	23,63 \pm 1,46	27,83 \pm 1,39	20,69 \pm 3,18	26,93 \pm 2,02	27,59 \pm 2,34	*	ns	*	ns	ns
C*	21,94 \pm 2,03	24,17 \pm 3,43	25,79 \pm 1,32	29,80 \pm 1,37	22,52 \pm 3,24	28,90 \pm 2,03	29,47 \pm 2,44	*	ns	*	ns	ns
H°	114,46 \pm 0,71	113,56 \pm 1,64	113,78 \pm 1,36	111,11 \pm 0,73	113,60 \pm 1,32	111,39 \pm 0,77	110,64 \pm 0,64	**	ns	ns	ns	ns
ΔE	-	5,55 \pm 1,05	5,55 \pm 1,06	9,53 \pm 1,76	5,7 \pm 1,32	8,68 \pm 2,30	6,26 \pm 2,87	*	ns	ns	-	-
Luteína (mg/100g)	1,39 \pm 0,04	1,58 \pm 0,01	0,91 \pm 0,01	1,00 \pm 0,05	1,51 \pm 0,02	0,95 \pm 0,02	0,97 \pm 0,01	***	**	***	*	***
Clorofila b (mg/100g)	2,28 \pm 0,05	2,6 \pm 0,45	1,92 \pm 0,02	2,08 \pm 0,08	2,46 \pm 0,10	2,06 \pm 0,06	2,00 \pm 0,03	***	**	***	**	***
Clorofila a (mg/100g)	8,36 \pm 0,20	9,42 \pm 0,13	7,40 \pm 0,07	8,04 \pm 0,34	9,4 \pm 0,22	7,63 \pm 0,17	7,76 \pm 0,13	***	ns	***	**	**
β-Caroteno (mg/100g)	1,82 \pm 0,06	2,03 \pm 0,02	1,74 \pm 0,03	1,86 \pm 0,06	1,95 \pm 0,03	1,71 \pm 0,05	1,75 \pm 0,04	***	ns	***	**	ns
Ác. ascórbico(mg/100g)	18,69 \pm 0,13	13,51 \pm 4,07	15,45 \pm 2,48	16,85 \pm 1,09	14,11 \pm 1,80	14,14 \pm 0,71	8,68 \pm 0,16	*	ns	*	ns	ns
Fenoles totales ⁽¹⁾	35,47 \pm 4,14	26,49 \pm 3,22	21,78 \pm 3,56	28,63 \pm 1,83	46,12 \pm 1,80	33,12 \pm 0,62	31,68 \pm 2,48	ns	**	***	*	*

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) p \leq 0,05; (**) p \leq 0,01; (***) p \leq 0,001

En cuanto a los parámetros relacionados con el color, desde el punto de vista físico-químico, únicamente son significativas las diferencias en el contenido en luteína ($p \leq 0,01$) y clorofila b ($p \leq 0,01$), entre muestras (control y envasada), aunque el contenido en ambos compuestos sufre oscilaciones entre muestreos sin una tendencia clara. Estas ligeras oscilaciones entre las muestras de pimiento control y envasado hacen que a nivel sensorial no se encuentren diferencias significativas ($p > 0,05$) en el descriptor “intensidad del color” (Tablas 87 y 88).

A pesar de esto, al final del almacenamiento, la diferencia de color ΔE (respecto a la muestra inicial) es inferior en las muestras de pimiento envasado. Además la puntuación media otorgada por los catadores en el descriptor “intensidad del color”, también es inferior en las muestras envasadas lo que indica que el pimiento envasado cambia de tonalidad más lentamente que el control. Akbudak (2008) concluye de igual forma en un estudio con *C. annuum* L. cv. Yalova Charleston almacenado durante 30 días en diferentes materiales plásticos.

En función del tiempo de almacenamiento, se obtienen diferencias significativas en gran parte de los parámetros de color CIE $L^*a^*b^*$. Así, aumentan significativamente ($p \leq 0,05$) la coordenada b^* , la cromaticidad C^* y la diferencia de color ΔE mientras que el tono H° disminuye significativamente ($p \leq 0,01$) (Tabla 88). Que el valor del tono disminuya indica que el pimiento está perdiendo color verde, pasando de un verde más puro a un tono verde-amarillo (Figura 148).

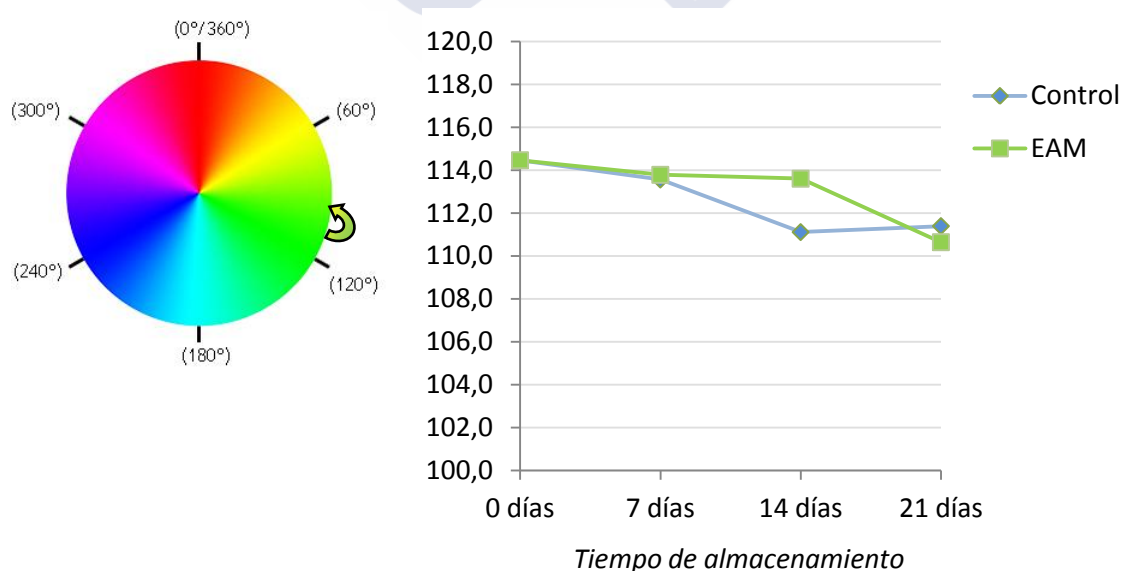


Figura 148. Evolución del tono H° del pimiento tipo Padrón a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2011)

Esta pérdida de color verde está condicionada por el descenso significativo ($p \leq 0,001$), a lo largo del tiempo, del contenido en los compuestos responsables del color del pimiento (luteína, clorofila b, clorofila a y β -caroteno) (Tabla 88). Estos resultados se corresponden con los obtenidos por *Sakaldas y Kaynas* (2010) en *C. annuum* cv. Maxibell F1.

En cuanto a los parámetros de textura, se encuentran diferencias significativas ($p \leq 0,001$) entre muestras (control y envasada) en la fuerza de ruptura (en general, la fuerza necesaria en el pimiento control, es mayor que en el envasado), pero a nivel sensorial, esta diferencia no es significativa (aunque, en general, la turgencia también es mayor en producto control). En función del tiempo de almacenamiento no hay diferencias a nivel físico-químico ni sensorial (Tablas 87 y 88).

El que se obtenga menor firmeza en las muestras de pimiento envasado puede ser debido, al problema, ya comentado, de la acumulación de humedad en el interior del palet ya que otros autores como *Raffo y col.* (2007), *Monolopoulou* (2010) o *Ornelas-Paz y col.* (2012) obtienen una mayor reducción de la firmeza en las muestras de pimiento control sin envasar.

El contenido en ácido ascórbico tiende a disminuir de forma significativa ($p \leq 0,05$) a lo largo del tiempo de almacenamiento, de acuerdo con lo indicado por *Akbudak* (2008) o *Sakaldas y Kaynas* (2010). Según *Raffo y col.* (2007), las principales causas de degradación del ácido ascórbico durante el almacenamiento de las hortalizas pueden ser las reacciones de oxidación catalizadas por enzimas. Entre muestras (pimiento control y pimiento envasado) no se encuentran diferencias significativas ($p > 0,05$) (Tabla 88).

Lo mismo ocurre con el contenido en compuestos fenólicos totales que disminuyen de forma significativa en los primeros 7 días de almacenamiento en el pimiento control ($p \leq 0,05$) y envasado ($p \leq 0,05$). Entre muestras (control y envasada) se obtienen diferencias significativas ($p \leq 0,01$) aunque no existe una diferenciación clara entre muestras (Tabla 88).

En cuanto a los descriptores sensoriales evaluados con escalas de dos puntos, al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson, se obtiene relación significativa ($p \leq 0,05$) entre el descriptor “arrugas” y el envasado o no de la muestra, a partir de los 14 días de almacenamiento (Tabla 89). A los 21 días de almacenamiento el 75% de las muestras de pimiento control presentan arrugas y en el pimiento envasado solo presenta arrugas el 12,5% (Figuras 149 y 150).

La presencia de arrugas puede ser un buen indicador para considerar el envasado en atmósfera modificada una buena opción para prolongar la vida útil de este producto vegetal.

Tabla 89. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en pimiento (septiembre 2011)

	7 días	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns	ns
Brillo de superficie	ns	ns	ns
Arrugas	ns	*	*
Manchas	ns	ns	ns
Olores extraños externos	ns	ns	ns
Olores extraños internos	ns	ns	ns
Sensación ardiente	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

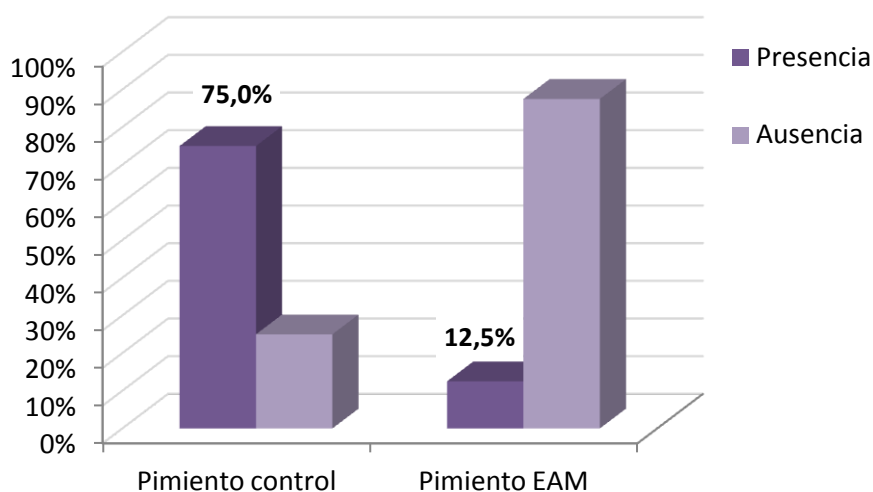


Figura 149. Descriptor "arrugas" en pimiento control y envasado a los 21 días de almacenamiento (septiembre 2011)



Figura 150. Arrugas en pimiento control a los 14 días de almacenamiento (septiembre 2011)

En cuanto al descriptor sensorial evaluado con escala de tres puntos, “sensación de humedad”, tras la aplicación de la prueba no paramétrica de dos muestras independientes U de Mann-Whitney sobre los datos obtenidos no se observan diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el pimiento control y el pimiento envasado en ninguno de los muestreos realizados (Tabla 90).

Tabla 90. Resultados del test U de Mann-Whitney sobre los datos sensoriales obtenidos en pimiento (septiembre 2011)

	7 días	14 días	21 días
Sensación de humedad	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Por último, en la pregunta abierta de otra alteración, los catadores no señalan ninguna alteración, indicativo de que las modificaciones realizadas en este ensayo son efectivas, ya que, en los ensayos anteriores, aparecía podredumbre a partir del muestreo de los 14 días.

4.3.3 Resultados del análisis sensorial y físico-químico en judía verde

En la tabla 91 se recogen las puntuaciones otorgadas por los catadores a los descriptores evaluados con escalas no estructuradas de 10 cm, en judía verde, a lo largo del tiempo de almacenamiento y en la tabla 92 se exponen los resultados (media \pm desviación estándar) de las determinaciones físico-químicas.

Además, en cada una de ellas, se recogen los resultados obtenidos tras la aplicación del ANOVA de 2 factores con interacción y los resultados obtenidos tras la aplicación del test t-Student al comparar las evaluaciones obtenidas a los 0 y 7 días de almacenamiento.

En cuanto a los parámetros relacionados con el color, se obtienen diferencias significativas en función del tiempo de almacenamiento en el descriptor “intensidad de color externo” ($p \leq 0,05$) (Tabla 91). Teniendo en cuenta las referencias de la escala (0= color *Pantone* 579C y 10= color *Pantone* 575C), la judía tiende a colores verdes menos intensos a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento (Figura 151).

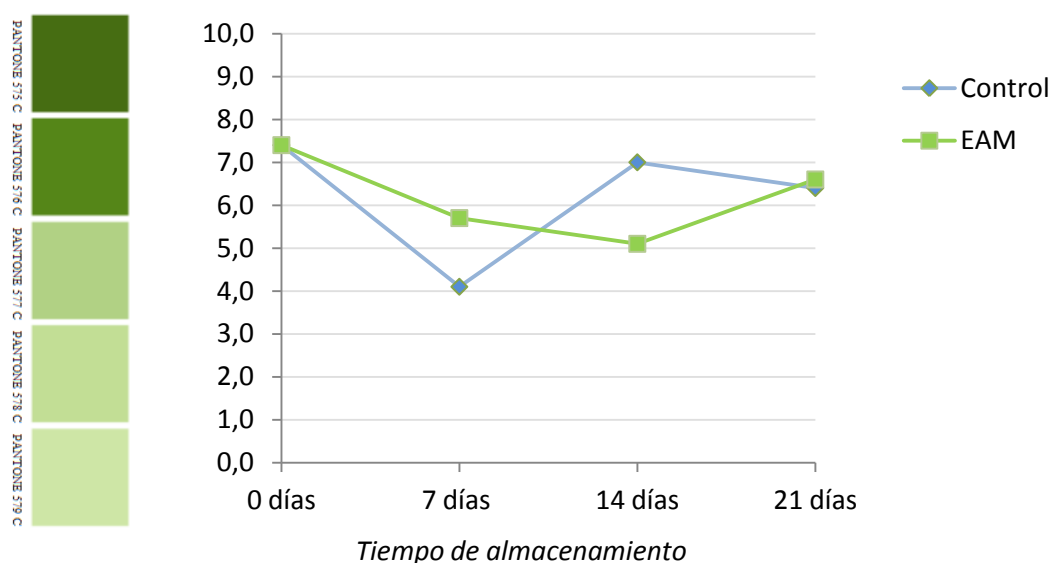


Figura 151. Evolución de la “intensidad de color externo” de la judía verde a lo largo del tiempo de almacenamiento (junio 2011)

Tabla 91. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en la evaluación sensorial de los descriptores sensoriales con escala no estructurada en judía verde (septiembre 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student (0-7 días)

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Intensidad de color externo	7,4 \pm 1,1	4,1 \pm 1,0	5,7 \pm 0,7	7,0 \pm 0,9	5,1 \pm 2,0	6,4 \pm 2,1	6,9 \pm 1,3	*	ns	*	**	*
Intensidad del olor externo	1,9 \pm 0,8	0,8 \pm 1,6	1,4 \pm 1,9	1,3 \pm 1,0	1,1 \pm 1,2	1,6 \pm 1,9	2,0 \pm 1,7	ns	ns	ns	ns	ns
Crocante	9,3 \pm 0,2	8,3 \pm 1,1	8,3 \pm 0,8	6,8 \pm 3,4	6,9 \pm 2,6	4,2 \pm 2,3	5,4 \pm 2,2	*	ns	ns	*	ns
Intensidad del olor interno	6,8 \pm 3,2	7,5 \pm 1,5	7,1 \pm 1,6	6,4 \pm 1,9	7,5 \pm 2,2	5,4 \pm 1,8	6,8 \pm 1,5	ns	ns	ns	ns	ns

EAM: envasado en atmósfera modificada; ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

Tabla 92. Valores (media \pm desviación estándar) obtenidos en las variables físico-químicas analizadas en judía verde (septiembre 2011), ANOVA de 2 factores (tiempo y envasado) con interacción y test t-Student

	0 días	7 días		14 días		21 días		ANOVA de 2 factores			t-Student (0-7 días)	
	Control	Control	EAM	Control	EAM	Control	EAM	t	E	t*E	Control	EAM
Materia seca (%)	9,86 \pm 0,00	8,35 \pm 0,00	8,29 \pm 0,00	9,47 \pm 0,00	6,57 \pm 0,00	8,58 \pm 0,00	7,45 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Humedad (%)	90,14 \pm 0,00	91,65 \pm 0,00	91,71 \pm 0,00	90,53 \pm 0,00	93,43 \pm 0,00	91,42 \pm 0,00	92,55 \pm 0,00	-	-	-	-	-
Fuerza de corte (N)	29,62 \pm 4,12	29,36 \pm 4,16	28,39 \pm 4,66	26,73 \pm 0,73	28,83 \pm 4,77	26,06 \pm 1,24	33,01 \pm 1,87	*	ns	ns	ns	ns
Trabajo de corte (Nsec)	38,88 \pm 4,25	35,57 \pm 8,01	35,10 \pm 9,54	34,18 \pm 2,26	34,13 \pm 1,84	37,78 \pm 3,41	38,69 \pm 5,73	*	ns	*	ns	ns
L*	56,48 \pm 1,05	55,13 \pm 1,53	52,88 \pm 3,31	54,70 \pm 1,42	54,94 \pm 1,05	56,85 \pm 1,97	53,45 \pm 0,73	ns	ns	ns	ns	ns
a*	-10,82 \pm 0,23	-9,47 \pm 0,40	-9,81 \pm 0,16	-9,94 \pm 0,31	-8,38 \pm 0,17	-8,58 \pm 0,27	-9,62 \pm 0,36	*	ns	***	**	**
b*	30,93 \pm 0,78	28,47 \pm 1,30	29,23 \pm 0,56	28,94 \pm 0,60	26,10 \pm 1,22	28,48 \pm 1,52	28,42 \pm 0,77	ns	ns	*	*	*
c*	32,76 \pm 0,80	30,01 \pm 1,35	30,84 \pm 0,55	30,60 \pm 0,66	27,41 \pm 1,20	29,75 \pm 1,47	30,01 \pm 0,84	ns	ns	*	*	*
H°	109,30 \pm 0,25	108,39 \pm 0,12	108,56 \pm 0,32	108,95 \pm 0,18	107,79 \pm 0,62	106,75 \pm 0,93	108,73 \pm 0,24	*	ns	**	**	*
ΔE	-	4,38 \pm 0,47	4,77 \pm 1,65	3,46 \pm 1,24	6,57 \pm 1,18	4,71 \pm 0,48	5,03 \pm 0,69	ns	*	ns	-	-
Luteína (mg/100g)	0,43 \pm 0,04	0,31 \pm 0,01	0,31 \pm 0,00	0,52 \pm 0,02	0,22 \pm 0,00	0,20 \pm 0,01	0,29 \pm 0,01	***	***	***	**	**
Clorofila b (mg/100g)	1,17 \pm 0,11	0,85 \pm 0,02	0,84 \pm 0,01	1,42 \pm 0,03	0,69 \pm 0,01	0,63 \pm 0,01	0,75 \pm 0,01	***	***	***	**	**
Clorofila a (mg/100g)	5,27 \pm 0,56	3,65 \pm 0,07	3,5 \pm 0,06	6,11 \pm 0,14	2,79 \pm 0,00	2,46 \pm 0,05	3,08 \pm 0,02	***	***	***	**	**
β-Caroteno (mg/100g)	0,97 \pm 0,85	0,80 \pm 0,03	0,78 \pm 0,04	0,91 \pm 0,02	0,56 \pm 0,01	0,51 \pm 0,03	0,57 \pm 0,02	***	***	***	*	*
Ác. ascórbico(mg/100g)	5,66 \pm 0,36	0,56 \pm 0,02	1,07 \pm 0,05	0,36 \pm 0,01	0,12 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,01 \pm 0,01	***	***	***	**	**
Ác. asc. total (mg/100g)	12,82 \pm 0,75	4,51 \pm 0,17	4,91 \pm 0,14	4,15 \pm 0,33	2,97 \pm 0,02	1,26 \pm 0,09	1,62 \pm 0,31	***	ns	***	***	***
Ác. DHAA (mg/100g)	7,16 \pm 0,49	3,95 \pm 0,16	3,83 \pm 0,19	3,79 \pm 0,33	2,85 \pm 0,02	1,26 \pm 0,09	1,62 \pm 0,30	***	ns	**	***	***
Fenoles totales ⁽¹⁾	91,00 \pm 4,77	68,78 \pm 2,32	74,37 \pm 4,28	74,54 \pm 0,81	62,50 \pm 2,72	53,92 \pm 1,52	61,33 \pm 2,52	***	ns	***	**	*

EAM: envasado en atmósfera modificada; ⁽¹⁾: mg de ácido gálico/100g muestra fresca; ns = no significativo; (*) p \leq 0,05; (**) p \leq 0,01; (***) p \leq 0,001

A lo largo del tiempo de almacenamiento, también se obtienen diferencias significativas en los parámetros de color CIE $L^*a^*b^*$, coordenada a^* ($p \leq 0,05$) y en el tono H° ($p \leq 0,05$). La coordenada a^* tiende a valores menos negativos y el tono disminuye, lo que indica que la judía pierde color verde. Esta pérdida de color en la judía verde, se corresponde con un descenso significativo ($p \leq 0,001$), a lo largo del tiempo, en el contenido de los compuestos responsables del color, luteína, clorofila b, clorofila a y β -caroteno (Tabla 92).

Además, en el contenido de los compuestos responsables del color, se obtienen diferencias significativas ($p \leq 0,001$) entre muestras (en general, las muestras control tienen mayor concentración en dichos compuestos excepto al final del almacenamiento) aunque estas diferencias no son apreciables a nivel sensorial, ni en la determinación de los parámetros del color CIE $L^*a^*b^*$.

El color juega un papel importante en la predicción de la calidad de los alimentos durante el almacenamiento, ya que es lo primero en que se fijan los consumidores antes de hacer la compra (Khaled y col., 2010). En función de los resultados obtenidos, el envasado en atmósfera modificada, en las condiciones propuestas en este trabajo, no supondría una ventaja ya que la judía verde envasada pierde color al mismo tiempo que la judía control sin envasar.

Relacionado con los parámetros de textura, se obtienen diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento en el descriptor “crocante” ($p \leq 0,05$) tomando valores más bajos (referencias, 0=regaliz y 10= tira de patata) con el paso del tiempo de almacenamiento (Tabla 91 y Figura 152).

Este resultado puede relacionarse con el proceso de maduración y posterior senescencia de las muestras.

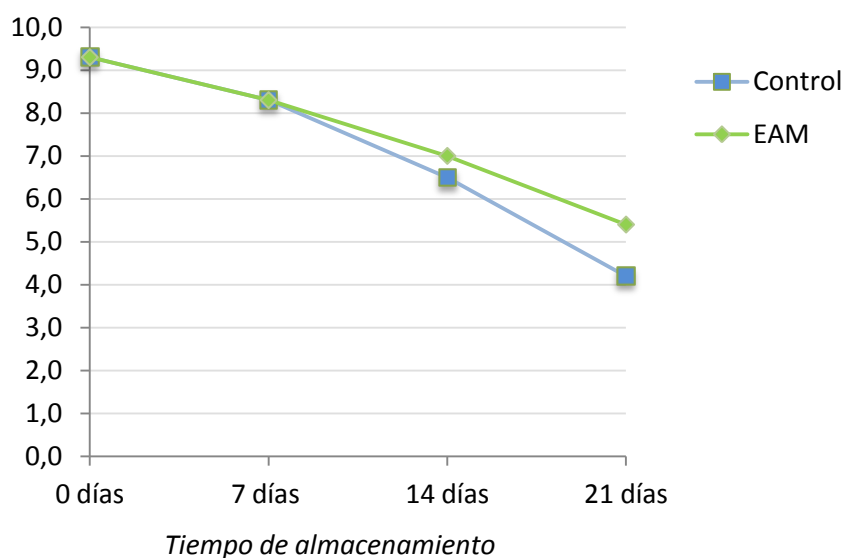


Figura 152. Evolución del “crocante” de la judía verde a lo largo del tiempo de almacenamiento (septiembre 2011)

Paralelamente, y de acuerdo con los resultados obtenidos, en la medida de textura a nivel físico-químico, también se encuentran diferencias significativas en el parámetro fuerza de corte, en función del factor tiempo ($p \leq 0,05$) de modo que ésta disminuye a lo largo del tiempo de almacenamiento (Tabla 92).

Entre muestras (control y envasada), aunque la judía envasada tiene valores de crocante algo superiores en todos los muestreos y la fuerza de ruptura es superior al final del almacenamiento, estas diferencias no son significativas ($p > 0,05$) (Tablas 91 y 92), por lo que en función de los parámetros de textura, el envasado de judía verde en atmósfera modificada bajo estas condiciones no aporta ventajas claras respecto al producto sin envasar.

En cuanto al contenido en ácido ascórbico y compuestos fenólicos totales se obtienen diferencias significativas ($p \leq 0,001$) a lo largo del tiempo de almacenamiento de modo que el contenido en ambos va disminuyendo con el tiempo de almacenamiento. *Berger y col.* (2007) también indican que el contenido en ácido ascórbico desciende significativamente en judías almacenadas a 4°C durante 14 días.

Aunque hay diferencias significativas ($p \leq 0,001$) entre muestras (control y envasada), no se puede concluir cuál de ellas posee mayor contenido en ácido ascórbico debido a que se observan fuertes fluctuaciones entre muestreos (Tabla 92).

Al aplicar el test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos obtenidos de los descriptores evaluados con escalas de dos puntos, únicamente se obtiene relación significativa ($p \leq 0,001$) en el descriptor “manchas” a partir de los 14 días de almacenamiento (Tabla 93).

Tabla 93. Resultados del test Chi-cuadrado de Pearson sobre los datos sensoriales obtenidos en judía verde (septiembre 2011)

	7 días	14 días	21 días
Uniformidad del color	ns	ns	ns
Manchas	ns	**	***
Olores extraños externos	ns	ns	ns
Olores extraños internos	ns	ns	ns

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

A los 14 días de almacenamiento el 62,5% de las muestras de judía verde control presenta manchas elevándose este porcentaje a 87,5% al final del almacenamiento, mientras que el 100 % de las muestras de judía verde envasada presenta ausencia de manchas (Figuras 153 y 154).

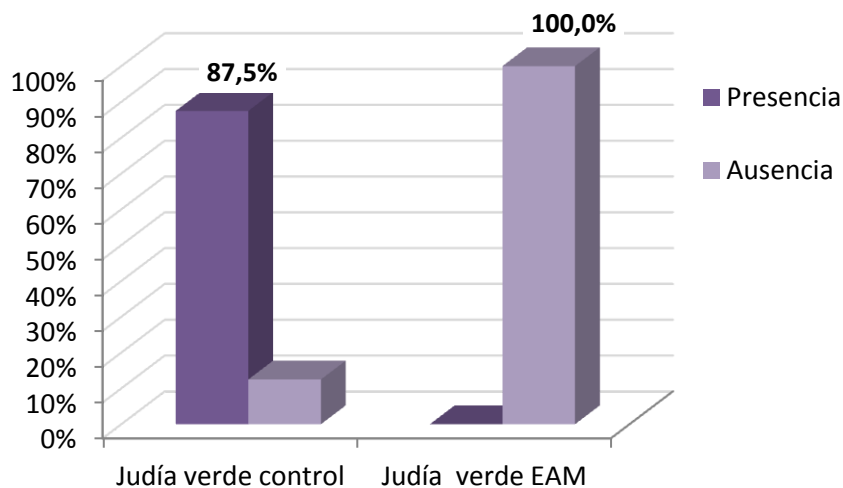


Figura 153. Descriptor “manchas” en judía verde control y envasada (septiembre 2011) a los 21 días de almacenamiento



Figura 154. Manchas en judía verde control (septiembre 2011) a los 21 días de almacenamiento

Si se tiene en cuenta el descriptor “manchas” parece que el envasado en atmósfera modificada aporta ventajas en este sentido pero en otras alteraciones, los catadores señalan que a partir del muestreo de 14 días, las muestras envasadas presentan manchas por humedad hasta un 87,5% (Figura 155).



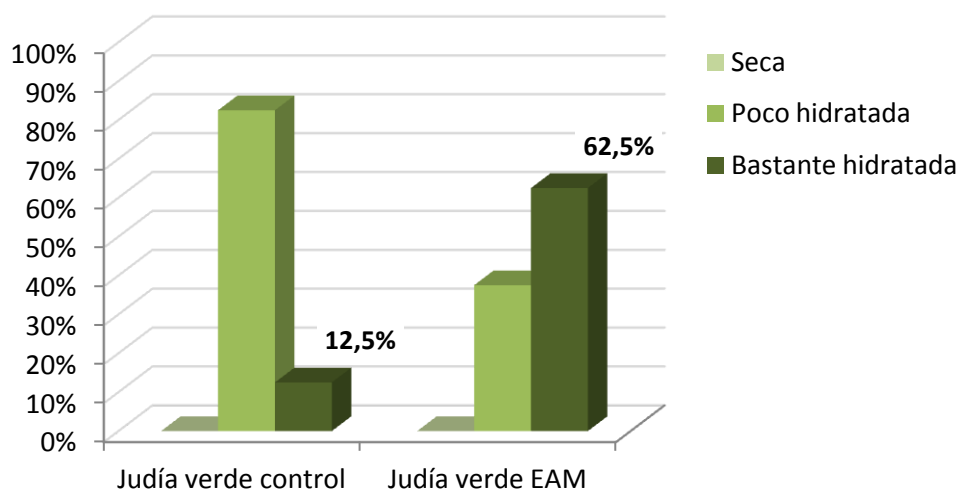
Figura 155. Manchas por humedad en judía verde envasada (septiembre 2011)

Prueba de ello es que, al aplicar la prueba U de Mann-Whitney, sobre los datos obtenidos en los descriptores sensoriales evaluados con escalas de tres puntos, se obtienen diferencias significativas en el descriptor “sensación de humedad” ($p \leq 0,05$). Al final del almacenamiento, el 12,5% de las muestras de judía control están bastante hidratadas, elevándose este porcentaje al 62,5% en las muestras de judía envasada (Tabla 94 y Figura 156).

Tabla 94. Resultados del test U de Mann-Whitney sobre los datos sensoriales obtenidos en judía verde (septiembre 2011)

	7 días	14 días	21 días
Rugosidad de la piel	ns	ns	ns
Sensación de humedad	ns	*	*

ns = no significativo; (*) $p \leq 0,05$; (**) $p \leq 0,01$; (***) $p \leq 0,001$

**Figura 156. Descriptores “sensación de humedad” en judía verde (septiembre 2011)**

- **Conclusiones del tercer ensayo:**

El envasado en atmósfera modificada alarga la vida útil, principalmente, de tomate y pimiento tipo Padrón.

De todas formas se propone la utilización de materiales de envasado con mayor permeabilidad al vapor de agua para confirmar los resultados ya que se considera que el gel de sílice no es una solución comercial adecuada.





Capítulo II

5. CONCLUSIONES



- El envasado en atmósfera modificada, en palet, podría ser un complemento a la conservación por refrigeración para alargar la vida útil del tomate y del pimiento tipo Padrón.
- Este sistema de envasado, en las condiciones propuestas, no se recomienda para la judía verde.







BIBLIOGRAFÍA



- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) (2010).** *Análisis Sensorial*. 2ª ed. Madrid: AENOR ISBN: 978-84-8143-705-8
- AKBUDAK, B. (2008).** Effect of Polypropylene and Polyvinyl Chloride Plastic Film Packaging Materials on the Quality of 'Yalova Charleston' Pepper (*Capsicum annuum* L.) during Storage. *Food Science And Technology Research*, vol. 14, no. 1, pp. 5-11 DOI: 10.3136/fstr.14.5
- ALMENAR, R. E.M. (2005).** *Envasado activo de fresas silvestres*. Valencia: Servei de Publicacions ISBN: 84-370-6284-5
- ALONSO A.M. (2002).** Desarrollo y Situación Actual De La Agricultura Ecológica: Elementos De Análisis Para Entender El Caso Español. *Revista Española De Estudios Agrosociales y Pesqueros*, no. 192, pp. 123-159 ISSN: 1575-1198
- ALVES, L.L., PEREIRA, N.S., BECKER, L.V., FONTANA DE ANDRADE, D., GUIDOLIN, L.I., DE SOUSA, A.P. y CALLEGARI, G. (2009).** Sensorial Acceptance and Characterization of Goat's Milk Frozen Yogurt with Addition of Probiotic Culture and Prebiotic. *Ciência Rural*, vol. 39, no. 9, pp. 2595-2600 ISSN: 0103-8478
- ANDERSON, J.C., WACHEACHENHEIM, C.J. y LESCH, W.C. (2006).** Perceptions of genetically modified and organic foods and processes. *AgBioForum*, vol. 9, no. 3, pp. 180-194 ISSN: 1522936X
- ANDRÉS-ARES, J.L., FERNÁNDEZ-PAZ, J. PORTO-VÁZQUEZ, J.C., RIVERA- MARTINEZ, A.; RODRIGUEZ-BAO, J.R. y TERRÉN-POVES, L. (2004).** *Investigación y experimentación sobre pimientos autóctonos*. Galicia: Consellería de Política Agroalimentaria e Desenvolvemento Rural ISBN: 9788445338605
- ANEESH, M., KUDACHIKAR, V.B. y RAVI, R. (2007).** Effect of ionizing radiation and modified atmosphere packaging on shelf-life and quality of tomato stored at low temperature. *Journal of Food Science Technology*, vol. 44, no. 6, pp. 633-635 ISSN: 0950-5423
- ANEESH, M., KUDACHIKAR, V.B. y RAVI, R. (2008).** Effect of gamma-irradiation on instrumental colour and textural characteristics of tomato stored under modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science Technology*, vol. 45, no. 6, pp. 543-545 ISSN: 0950-5423
- ARBOS, K.A., FREITAS, R.J., STERTZ, S.C. y CARVALHO, L.A. (2010).** Segurança Alimentar De Hortaliças Orgânicas: Aspectos Sanitários e Nutricionais. *Ciência e Tecnologia De Alimentos*, vol. 30, no. 1, pp. 215-220 ISSN: 0101-2061
- ARMESTO, X., 2007.** El Concepto De La Agricultura Ecológica y Su Idoneidad Para Fomentar El Desarrollo Sostenible. *Boletín De La A.G.E.*, no. 43, pp. 155-172 ISSN: 0212-9426
- BAARDSETH, P., BJERKE, F., MARTINSEN, B.K. y SKREDE, G. (2010).** Vitamin C, total phenolics and antioxidative activity in tip-cut green beans (*Phaseolus vulgaris*) and swede rods (*Brassica napus* var. *napobrassica*) processed by methods used in catering. *Journal Science Food Agricultural*, vol. 90, pp. 1245-1255 DOI: 10.1002/jsfa.3967
- BARASOAIN, R. (2005).** Fresas, Con Aroma y Sabor. *Fertilidad de la tierra: revista de agricultura ecológica*. no. 20, pp. 44-49 ISSN: 1576-625X

- BATTE M.T., HOOKER, N.H. HAAB, T.C. y BEAVERSON, J. (2007).** Putting their money where their mouths are: Consumer willingness to pay for multi-ingredient, processed organic food products. *Food Policy*, vol. 32, no. 2, pp. 145-159 ISSN: 0306-9192
- BATRA, R. y AHTOLA, O. (1990).** Measuring the Hedonic and Utilitarian Sources of Consumer Attitudes. *Marketing Letters*, vol. 2, no. 2, pp. 159-160 ISSN: 0923-0645
- BEDCA (2013).** Base de Datos Española de Composición de Alimentos. Disponible en: <http://www.bedca.net/>
- BERGER, M., KÜCHLER, T., MAABEN, A., BUSCH-STOCKFISCH, M. y STEINHART, H. (2007).** Correlations of ingredients with sensory attributes in green beans and peas under different storage conditions. *Food Chemistry*, vol. 103, no. 3, pp. 875-884 DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.039
- BIC GALICIA (2007).** Guías De Actividade Empresarial: Agricultura Ecolóxica. Disponible en: <http://guias.bicgalicia.es/v2/nuevo/asp/individual/plantilla.asp>
- BLANDÓN-NAVARRO, S. (2010).** *Atmósfera modificada y atmósfera controlada*. Ingeniería Postcosecha II. Sandra Blandón Blog's. Disponible en: <http://slbn.wordpress.com/ing-poscosecha-ii/>
- BOWER, J.A. (2009).** *Statistical Methods for Food Science; Introductory Procedures for the Food Practitioner*. Queen Margaret U., UK: Book News, Inc. ISBN 9781405167642
- BRANZANTI, E.C. (1989).** *La Fresa (Versión Española José A. De La Iglesia González)*. Madrid: Mundi-Prensa ISBN: 84-7114-254-6
- BRIZ, J. y GARCÍA, R. (2004).** *Análisis Sensorial De Productos Alimentarios: Metodología y Aplicación a Casos Prácticos*. 2ª ed. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica ISBN: 9788449106163
- BRIZ, T. y WARD, R.W. (2009).** Consumer awareness of organic products in Spain: An application of multinominal logit models. *Food Policy*, vol. 34, no. 3, pp. 295-304 DOI: 10.1016/j.foodpol.2008.11.004
- CARPENTER, R., LYON, D. y HASDELL, T. (2002).** *Análisis Sensorial En El Desarrollo y Control De La Calidad De Alimentos*. Zaragoza: Acribia ISBN: 84-200-0988-1
- CASTILLO, A.E., QUARÍN, S.H. y IGLESIAS, M.C. (2000).** Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes. *Agricultura Técnica*, vol. 60, no. 1, pp. 74-79 DOI: 10.4067/S0365-28072000000100008
- CETAL (2010).** Primer barómetro De Percepción y Consumo De Alimentos Ecológicos En Galicia. Disponible en: http://www20.gencat.cat/docs/DAR/AL_Alimentacio/AL01_PAE/08_Publicacions_material_referencia/Fitxers_estatics/10_Barometre_consum_Galicia.pdf
- COSTA, C., LUCERA, A., CONTE, A., MASTROMATTEO, M., SPERANZA, B., ANTONACCI, A. y DEL NOBILE, M.A. (2011).** Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *Journal of Food Engineering*, vol. 102, no. 2, pp. 115-121 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.08.001

- COSTELL, E., TARREGA, A. y BAYARRI, S. (2010).** Food Acceptance: The Role of Consumer Perception and Attitudes. *Chemosensory Perception*, vol. 3, no. 1, pp. 42-50 ISSN: 1936-5802
- CRECENTE-CAMPO, J., NUNES-DAMACENO, M., ROMERO-RODRÍGUEZ, M.A. y VÁZQUEZ-ODÉRIZ, M.L. (2012).** Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 28, no. 1, pp. 23-30 DOI: 10.1016/j.jfca.2012.07.004
- DE BACKER, E., AERTSENS, J., VERGUCHT, S. y STEURBAUT, W. (2009).** Assessing the Ecological Soundness of Organic and Conventional Agriculture by Means of Life Cycle Assessment (LCA). *British Food Journal*, vol. 111, no. 10, pp. 1028 1061 DOI: 10.1108/00070700910992916
- DE RON, A. M., SANTALLA, M. y CASQUERO, P. A. (2003).** Producción y perspectivas de mejora genética de judía verde. *Vida Rural*, no. 170, pp. 50-51 ISSN: 1133-8938
- DÍAZ DE LEÓN-SÁNCHEZ, F., PELAYO-ZALDÍVAR, C., RIVERA-CABRERA, F., PONCE-VALADEZ, M., ÁVILA-ALEJANDRE, X., FERNÁNDEZ, F.J., ESCALONA-BUENDÍA, H. y PÉREZ-FLORES, L.J. (2009).** Effect of refrigerated storage on aroma and alcohol dehydrogenase activity in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 54, no. 2, pp. 93-100 DOI: 10.1016/j.postharvbio.2009.07.003
- DOS SANTOS, J.S., PIRES DOS SANTOS, M.L., CONTI, M.M., DOS SANTOS, S.N., DE OLIVEIRA, E. (2009).** Evaluation of some metals in Brazilian coffees cultivated during the process of conversion from conventional to organic. *Food Chemistry*, vol. 115, no. 4, pp. 1405-1410 ISSN: 0308-8146
- EAP, (2012).** *Envasado en Atmósfera protectora*. Disponible en: <http://www.atmosferaprotectora.es/Applications/Modified-atmosphere-packaging-fruit-vegetables.aspx>
- EMBUSCADO, M.E. Y HUBER, K.C. (2009).** *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Dordrecht : Springer ISBN: 9780387928234
- EROSKI CONSUMER, (2007).** *Barómetro De Consumo 2007*. Disponible en: <http://barometro.fundacioneroski.es/2007/>
- ESTRADA-ARIAS, B.; BERNAL-PITA DE VEIGA, M. A. y MERINO DE CÁCERES, F. (2000).** *O Pemento de Padrón: transformacións bioquímicas na maduración*. Santiago de Compostela: Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria. Xunta de Galicia ISBN: 84-453-2849-2
- FALGUERA, V., ALIGUER, N., FALGUERA, M. (2012).** An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products?. *Food Control*, vol. 26, no. 2, pp. 274-281 DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.01.051
- FAO, (2002).** *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/S8630S/s8630s00.htm#Contents>

- FAO, (2010).** Guide for Decisión Makers. Disponible en:
http://www.fao.org/fileadmin/templates/organicexports/docs/Manual_EXP_EN_No_Margins_29.06.2010.pdf
- FAOSTAT, (2013).** *Anuario estadístico de la FAO*. Disponible en:
<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>
- FERREIRA, M.E., DE VARENNES, A., DE MELO-ABREU, J.P. y VIEIRA, M.I. (2006).** Predicting pod quality of green beans for processing. *Scientia Horticulturae*, vol. 109, no. 3, pp. 207-211. DOI: 10.1016/j.scienta.2006.04.010
- FLORES, P., HELLÍN, P., LACASA, A., LÓPEZ, A. y FENOLL, J. (2009).** Pepper mineral composition and sensory attributes as affected by agricultural management. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 89, no. 14, pp. 2364-2371 DOI: 10.1002/jsfa.3728
- FUENTES, M., GOBAERTS, B., HIDALGO, C., ETCHEVERS, J., GÓNZALEZ-MARTÍN, I., HERNÁNDEZ-HIERRO, J.M., SAYRE, K.D. y DENDOOVEN, D. (2010).** Organic Carbon and Stable C-13 Isotope in Conservation Agriculture and Conventional Systems. *Soil Biology Biochemistry*, vol. 42, no. 4, pp. 551-557 ISSN: 0038-0717
- GABRIEL, D., ROSCHEWITZ, I., TSCHARNTKE, T. y THIES, C. (2006).** Beta Diversity at Different Spatial Scales: Plant Communities in Organic and Conventional Agriculture. *Ecological Applications*, vol. 16, no. 5, pp. 2011-2021 ISSN: 1051-0761
- GACULA, M., JAGBIR, S., JIAN, B. y STAN, A. (2009).** *Statistical Methods in Food and Consumer Research*. 2ª ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press ISBN: 9780123737168
- GARCÍA-SANS, A. (1997).** El abonado en agricultura ecológica. *Geórgica: revista del espacio rural*, no. 5, pp. 5-40 ISSN: 1132-810X
- GARCÍA-IGLESIAS, E., GAGO-CABEZAS, L. y FERNÁNDEZ-NUEVO, J.L. (2006).** *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora*. Dirección General de Universidades e Investigación, Madrid. Disponible en:
http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt3_tecnologias_de_envasado_en_atmosfera_protectora.pdf
- GARCÍA, R.A. (2007).** *La Calidad De Los Alimentos Ecológicos*. España: Fundación Gondwana para el Desarrollo Sostenible. Disponible en:
<http://www.delcampoalcampus.com/imagenes/publicaciones/20101210123052Calidad%20alimentos%20ecol%C3%B3gicos.pdf>
- GARCÍA-LÓPEZ, M.L. (2010).** *Tecnologías de envasado en atmósferas protectoras y su calidad microbiológicas*. Departamento de Higiene y Tecnología de los Alimentos, Facultad Veterinaria, Universidad de León. Disponible en:
www.aesan.msc.es/AESAN/.../Maria_Luisa_Garcia_Lopez.pdf
- GARCÍA-ALONSO, F.J., BRAVO, S., CASAS, J., PÉREZ-CONESA, D., JACOB, K. y PERIAGO, M.J. (2009).** Changes in Antioxidant Compounds during the Shelf Life of Commercial Tomato Juices in Different Packaging Materials. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, vol. 57, no. 15, pp. 6815-6822 DOI: 10.1021/jf900877c
- GIBSON, R., PEARCE, S., MORRIS, R.J., SYMONDSON, W.O.C. y MEMMOTT, J. (2007).** Plant Diversity and Land use Under Organic and Conventional Agriculture: A Whole-Farm Approach. *Journal of Applied Ecology*, vol. 44, no. 4, pp. 792-803 ISSN: 0021-8901

- GILSENAN, C., BURKE, R. y BARRY RYAN, C. (2010).** A Study of the Physicochemical and Sensory Properties of Organic and Conventional Potatoes (*Solanum Tuberosum*) before and After Baking. *International Journal of Food Science Technology*, vol. 45, no. 3, pp. 475-481 ISSN: 0950-5423
- GIOVANNI, P., PELUSO, A. y GUIDO, G. (2012).** Determinants of Regular and Occasional Consumers' Intentions to Buy Organic Food. *Journal of Consumer Affairs*, vol. 46, no. 1, pp. 157-169 ISSN: 00220078
- GOKMEN, V., KAHRAMAN, N., DEMIR, N. y ACAR, J. (2000).** Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. *Journal of Chromatography A.*, vol.881, no. 1-2, pp. 309-316 DOI: 10.1016/S0021-9673(00)00080-7
- GOLD, M.V. (2007).** What is organic production? Disponible en: <http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/ofp/ofp.shtml>
- GONZÁLEZ-BUESA, J., FERRER-MAIRAL, A., ORIA, R. y SALVADOR, M.L. (2009).** A mathematical model for packaging with microperforated films of fresh-cut fruits and vegetables. *Journal of Food Engineering*, vol. 95, no. 1, pp. 158-165 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.04.025
- GRACIA, A. y DE MAGISTRIS, T. (2008).** The demand for organic foods in the South of Italy: A discrete choice model. *Food Policy*, vol. 33, no. 5, pp. 386-396 DOI: 10.1016/j.foodpol.2007.12.002
- HIGÓN, N. (2002).** Cultivo del pimiento. *Horticultura Internacional*, no.36, pp. 78-83 ISSN: 1134-4881
- HOEFKENS, C., SIOEN, I., BAERT, K., DE MEULENAER, B., DE HENAUW, S., VANDEKINDEREN, I., DEVLIEGHERE, F., OPSOMER, A., VERBEKE, W. y VAN CAMP, J. (2009).** Consuming organic versus conventional vegetables: The effect on nutrient and contaminant intakes. *Food and Chemical Toxicology*, vol.48, no.11, pp.3058-3066 DOI: 10.1016/j.fct.2010.07.044
- HUDECOVÁ, K., BUCHTOVÁ, H. y STEINHAUSEROVÁ, I. (2010).** The Effects of Modified Atmosphere Packaging on the Microbiological Properties of Fresh Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno*, vol. 79, no. 9, pp. s93-s100 DOI: 10.2754/avb201079S9S093
- HULÁNKOVÁ, R., BORILOVÁ, G. y STEINHAUSEROVÁ, I. (2010).** Influence of Modified Atmosphere Packaging on the Survival of *Salmonella* Enteritidis PT 8 on the Surface of Chilled Chicken Legs. *Acta Veterinaria Brno*, vol. 79, no. 9, pp. s127-s132 DOI: 10.2754/avb201079S9S127
- HUNTERLAB, (2001).** Disponible en: www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf
- IBÁÑEZ, F.C. y BARCINA, Y. (2000).** *Análisis Sensorial de los Alimentos: Métodos y Aplicaciones*. Barcelona: Springer-Verlag ISBN: 9788407008010
- JAEGER, S. y HARKER, R. (2005).** Consumer Evaluation of Novel Kiwifruit: Willingness-to-Pay. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 85, pp. 2519-2526 ISSN: 0022-5142

- JENSEN, K.O., DENVER, S. y ZANOLI, R. (2011).** Actual and potential development of consumer demand on the organic food market in Europe. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 58, no. 3-4, pp. 79-84 DOI: 10.1016/j.njas.2011.01.005
- JUROSZEK, P., LUMPKIN, H.M., YANG, R. LEDESMA, D.R. y MA, C.H. (2009).** Fruit Quality and Bioactive Compounds with Antioxidant Activity of Tomatoes Grown On-Farm: Comparison of Organic and Conventional Management Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57, no. 4, pp. 1188-1194 DOI: 10.1021/jf801992s
- KADER, A.A. (2002).** *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3ª ed. Universidad de California ISBN: 1-879906-51-1 Disponible en:
<http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mDC6ogQT18EC&oi=fnd&pg=PA39&dq=Protective+Atmosphere+Packaging+kader+2002&ots=MALa65HY6H&sig=zlxcbst6ciZddcAcoMC31Mm6eVA#v=onepage&q&f=false>
- KHALED T. Y., RANDA, D. M. y REHAB, A. (2010).** Evaluation of locally made modified atmosphere packaging for Egyptian green beans. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, vol. 8, no. 2, pp. 280 – 283 ISSN: 1459-0263
- KING, S.C., MEISELMAN, H. L., HOTTENSTEIN, A. W., WORK, T.M. y CRONK, V. (2007).** The Effects of Contextual Variables on Food Acceptability: A Confirmatory Study. *Food Quality and Preference*, vol. 18, no. 1, pp. 58-65 ISSN: 0950-3293
- KOIDE, S. y SHI, J. (2007).** Microbial and quality evaluation of green peppers stored in biodegradable film packaging. *Food Control*, vol.18, no. 9, pp. 1121–1125 DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.07.013
- KOLMANS, E. y VÁSQUEZ, D. (1999).** *Manual De Agricultura Ecológica: Una Introducción a Los Principios Básicos y Su Aplicación*. 2ª ed. Cuba: Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF. Disponible en: <http://agriculturasostenible.info/images/Manual%20AE.pdf>
- KONG, A.Y.Y., SCOW, K.M., CORDOBA-KREYLOS, A.L., HOLMES, W.E. y SIX, J. (2011).** Microbial Community Composition and Carbon Cycling within Soil Microenvironments of Conventional, Low-Input, and Organic Cropping Systems. *Soil Biology Biochemistry*, vol. 43, no. 1, pp. 20-30 ISSN: 0038-0717
- LEE, H. y O'MAHONY, M. (2005).** Sensory Evaluation and Marketing: Measurement of a Consumer Concept. *Food Quality and Preference*, vol. 16, no. 3, pp. 227-235 ISSN: 0950-3293
- LEE, D. S., YAM, K.L. y PIERGIOVANNI, L. (2008).** *Food packaging science and technology*. Boca Ratón: CRC Press ISBN: 9780824727796
- LIMA, G. y VIANELLO, F. (2011).** Review on the Main Differences between Organic and Conventional Plant-Based Foods. *International Journal of Food Science Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 1-13 ISSN: 0950-5423
- LOPES, A.R., FARIA, C., PRIETO-FERNÁNDEZ, A., TRASAR-CEPEDA, C., MANAIA, C.M. y NUNES, O.C. (2011).** Comparative Study of the Microbial Diversity of Bulk Paddy Soil of Two Rice Fields Subjected to Organic and Conventional Farming. *Soil Biology Biochemistry*, vol. 43, no. 1, pp. 115-125 ISSN: 0038-0717

- LÓPEZ-GÁLVEZ, G. (1995).** *Manual de prácticas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala*. Disponible en:
<http://www.fao.org/wairdocs/x5403s/x5403s0a.htm#TopOfPage>
- LÓPEZ, L. (2009).** "Farmer-Friendly" Sustainability Assessment of California Organic and Conventional Strawberry Farms. *Sustainability and Intensive Production Practices*. *Nature*, no. 418, pp. 671-677 ISSN: 0028-0836
- LOYOLA-LÓPEZ, N., BARRERA-SALAS, M. y ACUNA-CARRASCO, C. (2008).** Evaluación del uso de atmósfera modificada en *Fragaria chiloensis* L. ecotipo blanco. *Idesia*, vol. 26, no. 3, pp. 57-70 ISSN: 0073-4675
- LUCERA, A., CONTE, A. y DEL NOBILE, M.A. (2011).** Shelf life of fresh-cut green beans as affected by packaging systems. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 46, no. 11, pp. 2351-2357 DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02756.x
- LUTZ, M., DORIS, D., SEPÚLVEDA, S. y ALVIÑA, M. (2008).** Evaluación Sensorial De Preparaciones Elaboradas Con Nuevos Alimentos Funcionales Destinados Al Adulto Mayor. *Revista Chilena De Nutrición*, vol. 35, no. 2, pp. 131-137 ISSN: 0717-7518
- MACFIE, H. (2007).** *Consumer-Led Food Product Development 2007*. Bristol: Hal MacFie Training Services ISBN: 978-1-84569-072-4
- MAGNUSSON, M.K., ARVOLA, A., HURSTI, U.K.K., ABERG, L. y SJODEN, P.O. (2003).** Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behaviour. *Appetite*, vol. 40, no. 2, pp. 109-117 DOI: 10.1016/S0195-6663(03)00002-3
- MAHAJAN, P.V., RODRIGUES, F.A.S y LEFLAIVE, E. (2008).** Analysis of water vapour transmission rate of perforation mediated modified atmosphere packaging (PM-MAP). *Biosystems Engineering*, vol. 100, no. 4, pp. 555-561. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2008.05.008
- MANGARAJ, S., GOSWAMI, T.K. y MAHAJAN, P.V. (2009).** Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. *Food Engineering Reviews*, vol. 1, no. 2, pp. 133-158 DOI: 10.1007/s12393-009-9007-3
- MAGRAMA, (2005).** Estudios De Comercialización. Productos Ecológicos. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/estudios-de-comercializacion/productos-ecologicos/>
- MAGRAMA, (2007).** Estudios De Comercialización. Productos Ecológicos. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/estudios-de-comercializacion/productos-ecologicos/>
- MAGRAMA, (2010).** Plan Integral De Actuaciones Para El Fomento De La Agricultura Ecológica 2007-2010. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/la-agricultura-ecologica/apoyo-agricultura-ecologica/>
- MAGRAMA, (2012).** *Plataforma de Conocimiento Para el Medio Rural y Pesquero*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/app/materialVegetal/IntroMaterialvegetal.aspx>

- MAGRAMA, (2013a).** *Avance Anuario Estadística 2011*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/default.aspx#para2>
- MAGRAMA, (2013b).** *Estudio de mercado. Observatorio del Consumo y la Distribución Alimentaria*. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/Informe_Obs_Ptos_Ecol%C3%B3gicos_2010._OCDA.Abril_2010_tcm7-132029.pdf
- MANOLOPOULOU, H., XANTHOPOULOS, G., DOUROS, N. y LAMBRINOS, Gr. (2010).** Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria. *Biosystems Engineering*, vol. 106, no. 4, pp. 535-543 DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2010.06.003
- MARKOVIC, K., PANJKOTA, I., KR PAN, M., BICANIC, D. y VAHCIC, N. (2010).** The Lycopene content in pulp and peel of five fresh tomato cultivars. *Acta Alimentaria*, vol. 39, no. 1, pp. 90-98 DOI: 10.1556/AAlim.39.2010.1.9
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V. y CARR, B.T. (1991).** *Sensory Evaluation Techniques*. 2ª ed. Florida: CRC Press ISBN 0849342805
- MICHAELIDOU, N. y HASSAN, L.M. (2010).** Modeling the factors affecting rural consumers' purchase of organic and free-range produce: A case study of consumers' from the Island of Arran in Scotland, UK. *Food Policy*, vol. 35, no. 2, pp. 130-139 DOI: 10.1016/j.foodpol.2009.10.001
- MONDELAERS, K., AERTSENS, J. y VAN HUYLENBROECK, G. (2009).** A Meta-Analysis of the Differences in Environmental Impacts between Organic and Conventional Farming. *British Food Journal*, vol. 111, no. 10, pp. 1098-1119 ISSN: 0007-070X
- MONDRAGÓN-PORTOCARRERO, A., PENA-MARTÍNEZ, B., FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, E., ROMERO-RODRÍGUEZ, A. y VÁZQUEZ-ODÉRIZ, L. (2006).** Effects of different pre-freezing blanching procedures on the physicochemical properties of *Brassica rapa* leaves (Turnip Greens, Grelós). *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 41, no. 9, pp. 1-6 DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01180.x
- MORARU, C., LOGENDRA, L., LEE, T. y JANES, H. (2004).** Characteristics of 10 processing tomato cultivars grown hydroponically for the NASA Advanced Life Support (ALS) Program. *Journal of Food composition and Analysis*, vol.17, no. 2, pp. 141-154 DOI: 10.1016/j.jfca.2003.08.003
- MOSKOWITZ, H.R., BECKLEY, J.H. y RESURRECCION, A.V. (2006).** *Sensory and Consumer Research in Food Product Design and Development*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 0-8138-1632-7
- NICOLAS, L., MARQUILLY, C. y O'MAHONY, M. (2010).** The 9-Point Hedonic Scale: Are Words and Numbers Compatible?. *Food Quality and Preference*, vol. 21, no. 8, pp. 1008-1015 ISSN: 0950-3293
- NISHIYAMA, I., FUKUDA, T. y OOTA, T. (2005).** Genotypic Differences in Chlorophyll, Lutein, and β -Carotene Contents in the Fruits of *Actinidia* Species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 53, no. 16, pp. 6403-6407 DOI: 10.1021/jf050785y

- NUEZ, F. (1995).** *El Cultivo Del Tomate*. Madrid: Mindi-Prensa ISBN: 84-7114-549-9
- NUNES-DAMACENO, M. (2007).** *Caracterización y procesado de kiwi y fresa cultivados por diferentes sistemas*. Facultad Ciencias: Universidad de Santiago de Compostela, Campus Lugo
- OBOH, G. (2005).** Effect of blanching on the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables. *LWT-Food Science and Technology*, vol. 38, no. 5, pp.513-517 DOI: 10.1016/j.lwt.2004.07.007
- ODRIOZOLA-SERRANO, I., SOLIVA-FORTUNY, R. y MARTÍN-BELLOSO, O. (2008).** Antioxidant properties and shelf-life extension of fresh-cut tomatoes stored at different temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 88, no. 15, pp. 2606-2614 DOI: 10.1002/jsfa.3368
- ODRIOZOLA-SERRANO, I., OMS-OLIU, G., SOLIVA-FORTUNY, R. y MARTÍN-BELLOSO, O. (2009).** Effect of High-Oxygen Atmospheres on the Antioxidant Potential of Fresh-Cut Tomatoes. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, vol.57, no. 15, pp. 6603-6610 DOI: 10.1021/jf900776j
- OLIVARES, M., SIHUFE, G., CAPRA, M., RUBIOLO, A., y ZORRILLA, S. (2012).** Effect of protective atmospheres on physicochemical, microbiological and rheological characteristics of sliced Mozzarella cheese. *Food Science and Technology*. vol. 47, no. 2, pp. 465-470 DOI: 10.1016/j.lwt.2012.02.008
- OMS-OLIU, G. (2008).** *Alternativas de envasado de peras y melón frescos cortados en atmósfera modificada*. Lleida: Universidad de Lleida. Disponible en: www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/8381/Tgo01de1.pdf
- ORDEN DE 7 DE MAYO DE 1997,** Por El Que Se Regula La Producción Agrícola Ecológica y Su Indicación En El Ámbito De La Comunidad Autónoma De Galicia y Se Crea El Consejo Regulador Da Agricultura Ecológica De Galicia. *DOG Núm. 93 (Viernes 16 De Mayo De 1997)*
- ORDÓÑEZ-SANTOS, L.E. (2006).** *Estudio comparativo de las características físico-químicas, nutricionales y microscópicas de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) procedente de cultivo ecológico y convencional, en fresco y tras la obtención de triturados, y de diferentes derivados comerciales de tomate*. Facultad de Ciencias: Universidad Santiago de Compostela, Campus Lugo.
- ORDÓÑEZ-SANTOS, L.E., ARBONES-MACIÑEIRA, E.A., FERNÁNDEZ-PAREJÓN, J., LOMBARDERO-FERNÁNDEZ, M., VÁZQUEZ-ODÉRIZ, L. y ROMERO-RODRÍGUEZ, A. (2009).** Comparison of physicochemical, microscopic and sensory characteristics of ecologically and conventionally grown crops of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of the Science of Food Agriculture*, vol. 89, no. 5, pp. 743-749 DOI: 10.1002/jsfa.3505
- ORDÓÑEZ-SANTOS, L.E., VÁZQUEZ-ODÉRIZ, L. y ROMERO-RODRÍGUEZ, A. (2011).** Micronutrient contents in organic and conventional tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, vol.46, no. 8, pp. 1561-1568 DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02648.x

- ORNELAS-PAZ, J.J., ZAMUDIO-FLORES, P.B., TORRES-CISNEROS, C.G., HOLGUÍN-SOTO, R., RAMOS-AGUILER, O.P., RUIZ-CRUZ, S., GUEVARA-ARAUZA, J.C., GONZÁLEZ-AGUILAR, A. y SANTANA-RODRÍGUEZ, V. (2012).** The barrier properties and potential use of recycled-LDPE films as a packaging material to preserve the quality of Jalapeño peppers by modified atmospheres. *Scientia Horticulturae*, vol. 135, pp. 210-218 DOI: 10.1016/j.scienta.2011.11.033
- OSPINA-MENESES, S.M., CARTAGENA-VALENZUELA, J.R. (2008).** La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 5, no.2, pp. 112-123 ISSN: 1794-4449
- OZGUVEN, N. (2012).** Organic foods motivations factors for consumers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 62, pp. 661-665 ISSN: 1877-0428
- PADEL, S. Y FOSTER, C. (2005).** Exploring the gap between attitudes and behaviour—Understanding why consumers buy or do not buy organic food. *British Food Journal*, vol. 107, no. 8, pp. 606-625 DOI: 10.1108/00070700510611002
- PADILLA-BRAVO, C., CORDTS, A., SCHULZE, B. y SPILLER, A. (2013).** Assessing determinants of organic food consumption using data from the German National Nutrition Survey II. *Food Quality and Preference*, vol. 28, no. 1, pp. 60-70 DOI: 10.1016/j.foodqual.2012.08.010
- PARRY, R.T. (1995).** *Envasado de los Alimentos en Atmósfera Modificada*. Madrid: A. Madrid Vicente Ediciones ISBN: 84-87440-76-2
- PEARSON, D., HENRYKS, J. y JONES, H. (2011).** Organic Food: What we Know (and do Not Know) about Consumers. *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 26, no. 2, pp. 171-177 ISSN: 1742-1705
- PÉREZ-LÓPEZ, A.J., LÓPEZ-NICOLAS, J.M., NÚÑEZ-DELICADO, E., DEL AMOR F.M. y CARBONELL-BARRACHINA, A.A. (2007).** Effects of Agricultural Practices on Color, Carotenoids Composition, and Minerals Contents of Sweet Peppers, cv. Almuden. *Journal Agricultural Food Chemistry*, vol. 55, no. 20, pp. 8158-8164 DOI: 10.1021/jf071534n
- PIENIAK, Z., AERTSENS, J. y VERBEKE, W. (2010).** Subjective and objective knowledge as determinants of organic vegetables consumption. *Food Quality and Preference*, vol. 33, no. 6, pp. 581-588 DOI: 10.1016/j.foodqual.2010.03.004
- PIMENTEL, D., HEPPELY, P., HANSON, J., DOUDS, D. y SIEDEL, R. (2005).** Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience*, vol. 55, no. 7, pp. 573-582 ISSN: 0006-3568
- PROGRAMA DIAL, (2013).** Programa de nutrición DIAL. Tabla de Alimentos y Platos con la descripción de su composición nutritiva. Disponible en: <http://www.alceingenieria.net/nutricion.htm>
- RAFFO, A., BAIAMONTE, I., NARDO, N. y PAOLETTI, F. (2007).** Internal quality and antioxidants content of cold-stored red sweet peppers as affected by polyethylene bag packaging and hot water treatment. *European Food Research Technology* vol. 225, no. 3-4, pp.395–405 DOI: 10.1007/s00217-006-0430-x

- REAL DECRETO 142/2002**, De 1 De Febrero, Por El Que Se Aprueba La Lista Positiva De Aditivos Distintos De Colorantes y Edulcorantes Para Su Uso En La Elaboración De Productos Alimenticios, Así Como Sus Condiciones De Utilización. *BOE Núm. 44 (20 De Febrero De 2002)*
- REAL DECRETO 118/2003**, De 31 De Enero, Por El Que Se Aprueba La Lista De Sustancias Permitidas Para La Fabricación De Materiales y Objetos Plásticos Destinados a Entrar En Contacto Con Los Alimentos y Se Regulan Determinadas Condiciones De Ensayo. *BOE Núm. 36 (11 De Febrero De 2003)*
- REAL DECRETO 1614/2005**, De 30 De Diciembre, Por El Que Se Modifica El Real Decreto 1852/1993, De 22 De Octubre, Sobre Producción Agrícola Ecológica y Su Indicación En Los Productos Agrarios y Alimenticios. *BOE Núm. 2 (3 De Enero De 2006)*
- REAL DECRETO 698/2007**, De 1 De Junio, Por El Que Se Modifica El Real Decreto 142/2002, De 1 De Febrero, Por El Que Se Aprueba La Lista Positiva De Aditivos Distintos De Colorantes y Edulcorantes Para Su Uso En La Elaboración De Productos Alimenticios, Así Como Sus Condiciones De Utilización. *BOE Núm. 142 (14 De Junio De 2007)*
- REAL DECRETO 890/2011**, De 24 De Junio, Por El Que Se Modifica La Norma General De Etiquetado, Presentación y Publicidad De Los Productos Alimenticios, Aprobada Por El Real Decreto 1334/1999, De 31 De Julio. *BOE Núm. 164 (11 De Julio De 2011)*
- REGLAMENTO (CEE) 2092/1991 DEL CONSEJO** De 24 De Junio De 1991 Sobre La Producción Agrícola Ecológica y Su Indicación En Los Productos Agrarios y Alimenticios. *DOCE L 198/1 (22.7.1991)*
- REGLAMENTO (CEE) 2078/92 DEL CONSEJO**, De 30 De Junio De 1992, Sobre Métodos De Producción Agraria Compatibles Con Las Exigencias De La Protección Del Medio Ambiente y La Conservación Del Espacio Natural. *DOUE L 215 (30.7.1992)*
- REGLAMENTO (CE) 834/2007 DEL CONSEJO** De 28 De Junio De 2007 Sobre Producción y Etiquetado De Los Productos Ecológicos y Por El Que Se Deroga El Reglamento (CEE) 2092/91. *DOUE L 189/1 (20.7.2007)*
- REGLAMENTO (CE) 66/2010 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO** De 25 De Noviembre De 2009 Relativo a La Etiqueta Ecológica De La UE. *DOUE L 27/1 (30.1.2010)*
- REGLAMENTO (UE) 271/2010 DE LA COMISIÓN** De 24 De Marzo De 2010 Que Modifica El Reglamento (CE) 889/2008 Por El Que Se Establecen Disposiciones De Aplicación Del Reglamento (CE) 834/2007 Del Consejo, En Lo Que Atañe Al Logotipo De Producción Ecológica De La Unión Europea. *DOUE L 84/19 (31.3.2010)*
- RIGBY D., CÁCERES, D. (2001).** Organic Farming and the Sustainability of Agricultural Systems. *Agricultural Systems*, vol. 68, no. 1, pp. 21-40 DOI: 10.1016/S0308-521X (00)00060-3
- RIVEIRO-LEIRA, M., RODRIGUEZ-BAO, J. M. y TERRÉN-POVES, L. (2006).** Producción del pimiento de Padrón en Galicia. *Horticultura*, no. 194, pp. 15-19 ISSN: 1132-2950
- ROININEN, K., ARVOLA, A., LAHTENMAKI, L. (2006).** Exploring consumers' perceptions of local food with two different qualitative techniques: Laddering and word association. *Food Quality and Preference*, vol. 17, no. 1-2, pp. 20-30 DOI: 10.1016/j.foodqual.2005.04.012

- ROITNER-SCHOBESBERGER, B., DARNHOFER, I., SOMSOOK, S. Y VOGL, C.R. (2008).** Consumer perceptions of organic foods in Bangkok, Thailand. *Food Policy*, vol. 33, no. 2, pp. 112-121 DOI: 10.1016/j.foodpol.2007.09.004
- ROJAS-GRAU, M.A., OMS-OLIU, G., SOLIVA-FORTUNY, R. y MARTÍN-BELLOSO, O. (2009).** The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and vegetables: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, vol.44, no.5, pp. 875-889. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.01911.x
- ROMOJARO, F., RIQUELME, F., PRETEL, M.T, MARTÍNEZ, G., SERRANO, M., MARTÍNEZ, C., LOZANO, P., SEGURA, P. y LUNA, P. (1996).** *Nuevas Tecnologías de Conservación de Frutas y Hortalizas*. Madrid: Mundi-Prensa ISBN 84-7114-605-3
- ROSALES, M.A., CERVILLA, L.M., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E., RUBIO-WILLHELMI, M.M., BLASCO, B., RÍOS, J.J., SORIANO, T., CASTILLA, N., ROMERO, L. y RUIZ, J.M. (2011).** The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 91, no. 1, pp. 152-162 DOI: 10.1002/jsfa.4166
- SAKALDAS, M. y KAYNAS, K. (2010).** Biochemical and quality parameters changes of green sweet bell peppers as affected by different postharvest treatments. *African Journal of Biotechnology*, vol. 9, no. 48, pp. 8174-8181 ISSN: 1684-5315
- SAMMI, S. y MASUD, T. (2009).** Effect of different packaging systems on the quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Rio Grande) fruits during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, vol.44, no. 5, pp. 918-926 DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01649.x
- SÁNCHEZ, M., SANJUAN, A.I., GIL-ROIG, J.M., GRACIA, A. y SOLER, F. (2002).** Estudio de las preferencias de consumidores y distribuidores especializados respecto del producto ecológico. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 2, no. 2, pp. 93-114 ISSN: 1578-0732
- SÁNCHEZ-RODRIGUEZ, J. y VILLALOBOS-GALINDO, M. (2010).** *Tratamiento de los resultados analíticos: aplicación de la estadística en el laboratorio*. Cano Barcelona: Ceysa ISBN: 978-84-96960-48-0
- SANCHO, J., BOTA, E. y DE CASTRO, J.J. (1999).** *Introducción Al Análisis Sensorial De Los Alimentos*. Barcelona: Universitat de Barcelona ISBN: 84-8338-052-8
- SANDHYA, (2010).** Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology*, vol. 43, pp. 381–392 DOI: 10.1016/j.lwt.2009.05.018
- SCHUTZ, H. y CARDELLO, A. (2001).** A Labeled Affective Magnitude (LAM) Scale for Assessing Food liking/disliking. *Journal of Sensory Studies*, vol. 16, no. 2, pp. 117-159 ISSN: 0887-8250
- SHAFIE, F.A., y RENNIE, D. (2012).** Consumer Perceptions towards Organic Food. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 49, pp. 360-367 DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.07.034
- SHAFIUR M.R. (2002).** *Manual de Conservación de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia ISBN: 84-200-0989-X

- SIMAL-LOZANO, J., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J., VÁZQUEZ-ODÉRIZ, M.L. (1986).** Contribución al estudio sobre el Pimiento de Padrón. II- Determinación de Humedad. *Técnicas de Laboratorio*, no. 132, pp. 449-452 ISSN : 0371-5728
- SIMÓN, X., DOMÍNGUEZ, M.D., ALONSO, A., y GUZMÁN, G. (2002).** Beneficios derivados de la Agricultura Ecológica. *V Congreso De La SEAE y I Congreso Iberoamericano De Agroecología*, vol. I, pp. 321-330 Disponible en: <http://www.cifaed.es/publicaciones.php>
- SINGLETON, V.L. y ROSSI, J.A. (1965).** Colorimetry of total phenolics and phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 16, no.3, pp. 144-158. ISSN 0002-9254
- SINGLETON, V.L., ORTHOFER, R. y LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, vol. 299, pp 152-178 ISSN: 0076-6879
- SIRIPATRAWAN, U. y ASSATARAKUL, K. (2009).** Methyl jasmonate coupled with modified atmosphere packaging to extend shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during cold storage. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 44, no. 5, pp. 1065-1071 DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.01927.x
- SLINKARD, K. Y SINGLETON, V.L. (1977).** Total phenol analyses; automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 28, no. 1, pp. 49-55 ISSN: 0002-9254
- SMITH, D. y MARGOLSKEE, R. (2001).** El Sentido Del Gusto. *Investigación y Ciencia (Edición Española De Scientific American)*, no. 296, pp. 4-12 ISSN: 0210-136X
- SMITH, C., BRANDEAU, M., HUNTER, G., BAVINGER, J., PEARSON, M. y ESCHBACH, P. (2012).** Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives?: a systematic review. *Annals of internal medicine*. vol. 157, no. 5, pp. 348-366 ISSN: 0003-4819
- SOYSAL, Y., AYHAN, Z., ESTURK, O. y ARIKAN, M.F. (2009).** Intermittent microwave–convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality. *Biosystems Engineering*, vol. 103, no. 4, pp. 455-463 DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2009.05.010
- STOLZE, M., PIORR, A., HÄRING, A.M. y DABBERT, S. (2000).** Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. *Organic Farming in Europe: Economics and Policy*, vol. 6 Disponible en: <http://orgprints.org/8400/>
- STONE, H. y SIDEL, J., 2004.** *Sensory Evaluation Practices*. California: Elsevier ISBN: 0-12-672690-6
- SUREKHA, K., LATHA, P., RAO, K. y KUMAR, R. (2010).** Grain Yield, Yield Components, Soil Fertility, and Biological Activity Under Organic and Conventional Rice Production Systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 41, no. 19, pp. 2279-2292 ISSN: 0010-3624
- TOBIN, R., MOANE, S. y LARKIN, T. (2013).** Sensory evaluation of organic and conventional fruits and vegetables available to Irish consumers. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 48, no. 1, pp. 157-162 DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03172.x

- UNE 87016:1986.** *Análisis Sensorial. Metodología. Prueba "A"- "No A".* Madrid: AENOR. Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0007684&PDF=Si>
- UNE 87024-1:1995.** *Análisis Sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces.* Madrid: AENOR. Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0007690&PDF=Si>
- UNE 87027:1998.** *Análisis Sensorial. Identificación y selección de descriptores para la elaboración de un perfil sensorial por métodos multivariantes.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0007693&PDF=Si>
- UNE-EN ISO 4120:2008.** *Análisis Sensorial. Metodología. Prueba triangular.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0041930&PDF=Si>
- UNE-EN ISO 5495:2009.** *Análisis Sensorial. Metodología. Prueba de comparación por parejas.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0042797&PDF=Si>
- UNE-EN ISO 5492:2010.** *Análisis Sensorial. Vocabulario.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045382&PDF=Si>
- UNE-EN ISO 8589:2010.** *Análisis Sensorial. Guía general para el diseño de una sala de cata.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045203&PDF=Si>
- UNE-EN ISO 10399:2010.** *Análisis Sensorial. Metodología. Ensayo dúo-trío.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045383&PDF=Si>
- UNE 155102:2012.** *Hortalizas frescas. Producción controlada. Tomate.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0050243&PDF=Si>
- UNE 155113:2012.** *Hortalizas frescas. Producción controlada. Fresa.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0050253&PDF=Si>
- UNE 155209:2012.** *Hortalizas frescas. Producción controlada. Kiwi.* Madrid: AENOR Disponible en:
<http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0050263&PDF=Si>

- VAN DOORN, J. y VERHOEF, P.C. (2011).** Willingness to pay for organic products: Differences between virtue and vice foods. *International Journal of Research in Marketing*, vol. 28, no. 3, pp. 167-180 DOI: 10.1016/j.ijresmar.2011.02.005
- VAN LOO, E., CAPUTO, V., NAYGA, R., MEULLENET, J. y RICKE, S. (2011).** Consumers' willingness to pay for organic chicken breast: Evidence from choice experiment. *Food Quality and Preference*, vol. 22, no. 7, pp. 603-613 DOI: 10.1016/j.foodqual.2011.02.003
- VARELA, P. (2011).** *Curso: Nuevas Metodologías Para Estudiar La Percepción Del Consumidor*. Universidad Politécnica de Valencia.
- VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, M. (2001).** *Avances en seguridad alimentaria*. Ourense: Asociación de Licenciados en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, ALTAGA. ISBN 84-607-2340-2
- VERHOEF, P.C. (2005).** Explaining purchases of organic meat by Dutch consumers. *European Review of Agricultural Economics*, vol. 32, no. 2, pp. 245-267 DOI: 10.1093/eurrag/jbi008
- VILLAREAL-ALBA, E.G., CONTRERAS-ESQUIVEL, J.C., AGUILAR-GONZÁLEZ, C.N. y REYES-VEGA, M.L. (2004).** Pectinesterase activity and the texture of Jalapeño pepper. *European Food Research and Technology*, vol. 218, no. 2, pp. 164-166 ISSN: 1438-2377
- WIER, M., JENSEN, K.O., ANDERSEN, L.M., y MILLOCK, K. (2008).** The character of demand in mature organic food markets: Great Britain and Denmark compared. *Food Policy*, vol. 33, no. 5, pp. 406-421 DOI: 10.1016/j.foodpol.2008.01.002
- WILLER, H. y KLICHER, L. (2013).** Training Manuals for Organic Agriculture. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2012*. Disponible en: <http://www.organic-world.net/2413.html>
- WILSON, C.L. (2007).** *Intelligent and active packaging for fruits and vegetables*. Boca Ratón: CRC Press ISBN: 978-0-8493-9166-8
- WITTING, E.P. (2001).** Evaluación Sensorial: Una Metodología Actual Para Tecnología De Alimentos. *Biblioteca Digital De La Universidad De Chile*. Disponible en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.html
- WORKNEH, T. S., OSTHOFF, G. y STEYN, M.S. (2011).** Influence of preharvest and postharvest treatments on stored tomato quality. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 6, no.12, pp. 2725-2736 ISSN: 1991- 637X
- YADAV, R. K., SANWAL, S.K., SINGH, P.K. y JURI, B. (2009).** Effect of pretreatments and packaging of tomato in LDPE and PET films on the storage-life. *Journal of food science and technology-mysore*, vol. 46, no. 2, pp. 139-141 ISSN: 0022-1155
- YIRIDOE, E.K., BONTI-ANKOMAH, S. y MARTIN, R.C., (2005).** Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 20, no. 4, pp. 193-205 DOI: 10.1079/RAF2005113
- ZANDER, K., y HAMM, U. (2010).** Consumer preferences for additional ethical attributes of organic food. *Food Quality and Preference*, vol. 21, no. 5, pp. 495-503 DOI: 10.1016/j.foodqual.2010.01.006

ZHAO, X., CHAMBERS, E., MATTA, Z., LOUGHIN, T.M. y CAREY, E.E. (2007). Consumer Sensory Analysis of Organically and Conventionally Grown Vegetables. *Journal of Food Science*, vol. 72, no. 2, pp. S87-S91 ISSN: 0022-1147

